

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

**Optimalizace výrobního procesu – zvýšení kapacity úzkého místa
v kompletačním procesu**

**Optimization of the Production Process - Increase of the Capacity of the
Narrow Site in Completing Process**

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Daniela Cajzlová
Ing. Vladimíra Schindlerová

Ostrava 2010

Zadání bakalářské práce

Student:

Daniela Cajzlová

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2301R040 Průmyslové inženýrství

Téma:

Optimalizace výrobního procesu - zvýšení kapacity úzkého místa v
kompletačním procesu.
Optimization of the Production Process - Increase of the Capacity of the
Narrow Site in Completing Process

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu.
2. Specifikace problémů v technické přípravě výroby.
3. Variantní řešení.
4. Výběr a rozpracování nejvhodnějšího řešení.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

ZELENKA, A., Král, M. *Projektování výrobních systémů*. 1995, ISBN 80-01-01302-2.

LÍBAL, V. a kol. *Organizace a řízení výroby*. ANTL Praha, 1989, ISBN 80-03-00050-5

MUTHER, R., HAGANÄS, K. *Systematické navrhování manipulace s materiálem*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1973. 129 s.

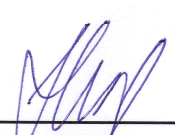
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

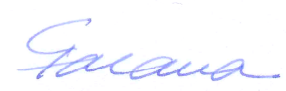
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě21.5.2010.....

.....*Daniela Cajlová*.....
podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3.).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.5.2010

Daniela Cajzlová
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

DANIELA CAJZLOVÁ

Adresa trvalého pobytu autora práce:

ZELENA 3027/41, OSTAVA 1

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CAJZLOVÁ, D. *Optimalizace výrobního procesu – zvýšení kapacity úzkého místa v kompletačním procesu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010, 46 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Bakalářská práce se zabývá optimalizací procesu, který představuje expediční činnost v podniku potravinářského průmyslu. Cílem je zvýšení současné výkonnosti v přichystávání zakázek. V rámci řešení zadaného problému jsem provedla identifikaci úzkého místa systému včetně rozpracování jeho příčin vzniku a poté jsem navrhla opatření ke zvýšení propustnosti omezení. Pomocí provedené chronometráže jsem porovnála navržené varianty se současným řešením expedice. Zvolenou variantu jsem následně rozpracovala v simulačním programu. Výsledkem je řešení, které je schopné přichystat několikanásobně více zakázek za směnu než ve stávajícím systému.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

CAJZLOVÁ, D. *Optimization of the Production Process – Increase of the Capacity of the Narrow Site in Completing Process: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – TU of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2010, 46 p. Thesis head: Schindlerová, V.

Bachelor thesis is dealing with optimization of process, which represent expeditionary activity in the food-processing industry. The aim is increasing current productivity in preparations of orders. In scope of resolution of given problem, I made the identification of the narrow site of the system, including the development of its causes and then I propose measures to increase permeability of the limitation. Performed using chronometric measurement I compared the proposed variants with the current expedition. I then developed the selected variant in the simulation program. Result is the solution that is capable of readying severalfold more orders per shift than the existing system.

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	8
1 Úvod	9
2 Teoretický úvod do problematiky	10
2.1 Teorie omezení	10
2.2 Kapacitní úzká místa	11
2.2.1 Kapacitní úzká místa určují výkon systému	11
2.2.2 Druhy kapacitních úzkých míst	11
2.3 Jak zásadně pozvednout výkon úzkého místa?	12
2.3.1 Dělbá práce podporující synchronizaci	12
2.3.2 Efektivnost pořízení dalšího pracoviště	12
2.4 Chronometráž	13
2.4.1 Výpočet statistických ukazatelů	14
2.5 Počítačová simulace	15
2.5.1 Princip počítačové simulace výrobních systémů	15
2.5.2 Proč využívat počítačovou simulaci	15
3 Analýza současného stavu	16
3.1 Stanovení cíle systému	18
3.2 Způsob měření pokroku směrem k dosažení cíle	18
3.3 Analýza činnosti vah	19
3.3.1 Průměrné hodnoty systému	22
3.4 Maximální využití daného omezení - chronometráž	23
3.4.1 Příprava	23
3.4.2 Měření	24
3.4.3 Vyhodnocení	25
4 Specifikace problémů	28
4.1 Identifikace omezení systému	28
4.2 Identifikace problémů způsobujících omezení systému	29
5 Variantní řešení	30
5.1 Rozdělení úseku přípravy zakázek	30
5.2 Kooperace pracovníků	32
5.3 Položkové vážení zakázky	34
6 Výběr a rozpracování nejvhodnějšího řešení	37
6.1 Výběr varianty	37

6.2 Rozpracování nejvhodnějšího řešení.....	39
7 Zhodnocení navrženého řešení	41
8 Závěr	44
9 Seznam použité literatury	45
10 Seznam příloh	46

Seznam použitého značení

Seznam použitých indexů

Značka	Jednotka	Veličina
e_v	[%]	výběrová chyba průměru
H	[kg]	hmotnost připadající na jednu položku
h	[kg]	celková váha položek za 2 směny
K_r	[1]	koeficient rozpětí časové řady
n	[1]	počet měření
o	[1]	celkový počet objednávek za 2 směny
P	[1]	počet položek v jedné objednávce
p	[1]	celkový počet položek za 2 směny
s	[s]	směrodatná odchylka
v	[%]	variační koeficient
\bar{X}	[s]	průměrná hodnota časové řady
X_i	[s]	naměřená hodnota
X_{\max}	[s]	maximální hodnota časové řady
X_{\min}	[s]	minimální hodnota časové řady

Seznam použitých zkratk odborných termínů

Zkratka	Znění zkratky	Význam
ALS	Assembly Line Scheduling	úlohy o vyvažování výrobních linek
AP	Assembly Planning	úlohy o kapacitním vyvažování
TOC	Theory of Constraints	teorie omezení
TOC/TP	Thinking Process	navazující nástroje na TOC

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá zvýšením kapacity úzkého místa, které tvoří expediční část podniku pracující v potravinářském průmyslu. Oblast, která se tímto problémem zabývá a která byla pro mne vodítkem se nazývá teorie omezení. Teorie omezení pojednává o tom, že každý složitý systém se chová podle toho, co mu dovolí jeho omezení.

Podstatou zpracování této práce je nedostatečná produktivita přichystávání zakázek v expedičním oddělení a z toho vyplývající potřeba stávající produktivitu zvýšit. Nízká výkonnost současného řešení expedice spočívá v příliš dlouhém čase, který je potřebný na vykonání celého procesu představující přípravu zakázek.

Expedice podniku přichystávající zakázky je tvořena expedičními váhami, na kterých pracovníci váží výrobky vyrobené vlastní činností potravinářského podniku. Výrobky pracovníci odebírají ze zásobníků sortimentu, který mají za sebou k dispozici. Aby měli pracovníci přehled, kde se konkrétní výrobek tvořící zakázku zákazníka nachází, je sortiment obsažený v zásobnících uspořádán podle druhu. V momentě, kdy je zakázka nachystána, opouští expediční váhy v potravinářské přepravce a je dopravována válečkovým dopravníkem ke kontrolní váze, kde je její celková hmotnost převážena. Pak už jen následuje její naložení do nákladního automobilu určeného pro rozvážení zakázek k zákazníkům.

V celé práci používám obecný výraz „potravinářský průmysl“ z důvodu, že si podnik, pro který se zadaný problém řešil, nepřál, aby bylo uveřejněno, v jaké sféře potravinářského průmyslu podniká.

2 Teoretický úvod do problematiky

2.1 Teorie omezení

Teorie omezení (*Theory of Constraints* - TOC) je ucelená manažerská filozofie nabízející nový přístup k řízení a trvalému zlepšování činnosti organizací. Tato filozofie, jejíž základní myšlenky rozvinul dr. Eliyahu M. Goldratt, pokrývá všechny základní funkční oblasti podniku.

Proč teorie omezení přináší výsledky:

- Její řešení jsou konstruována na základě jediného nezpochybnitelného cíle, který je určen typem organizace. U komerčních organizací je jím vydělávat co nejvíce peněz dnes i v budoucnosti.
- Její klíčovou myšlenkou je tvrzení, že každý systém v sobě skrývá minimálně jedno úzké místo – omezení. Kdyby tomu tak nebylo, pak by systém (podnik) dosahoval svého cíle v neomezené míře.
- Poskytuje metodiku, jak omezení nalézt a účinně je využívat. Zaměřením úsilí na nejslabší článek je dosaženo rychlých a reálných přínosů.

Každý složitý systém se chová podle toho, co mu dovolí jeho omezení. [1]

I projektové prostředí má své omezení (viz obr. 1), které určuje jeho chování. Složité systémy, které jsou detailně popsány, mají často jen jediné omezení. Když omezení známe a umíme je ovlivnit, můžeme podle něj celý systém řídit. Pak je řízení takového systému stejně snadné jako zvyšování hlasitosti u rádia.



Obr. 1 Omezení systému [7]

Teorie omezení a na ni navazující nástroje, obvykle označované jako Thinking Process (TOC/TP), jsou spíše cestou k vývoji specifických řešení, než hotovým "předvařeným" řešení. Cesta Teorie omezení umožňuje společnostem nebo i jednotlivcům vytvořit si svá vlastní řešení, která odstraní problémy do té doby považované za neřešitelné. TOC/TP jsou

účinné jak při řešení jednotlivých konkrétních problémů, tak i dlouhodobých generických konfliktů uvnitř organizací.

Může se jednat o průlomové zlepšení současných procesů, vývoj nového produktu nebo služby, převedení tvůrčího návrhu do praktického, okamžitě realizovatelného řešení, či zprostředkování naprosto nových, nikdy nepoužitých průlomových řešení. Všechny tyto příklady umožňují podniku "skok" do znatelně lepší pozice.

TOC změni "*Nemůžeme to udělat, protože....*" na "*Můžeme to udělat, pokud.....*" [6]

2.2 Kapacitní úzká místa

2.2.1 Kapacitní úzká místa určují výkon systému

Jen málo kdy jsou ve výrobě kapacity navazujících pracovišť natolik vyvážené, že se nemusíme zabírat kapacitními úzkými místy. Zpravidla jsou jako vyvážené naprojektovány výrobní nebo montážní linky v hromadné nebo velkosériové výrobě s úzkým sortimentem výrobků. U širšího a proměnlivého sortimentu není snadné zajistit vyváženost kapacit předem a trvale. V takovém výrobním systému předurčují jeho výkon kapacitní úzká místa. Jsou to pracoviště, která mají některý z těchto znaků:

- jsou nejpomalejší,
- vykazují vysoký podíl neshodných produktů, a tedy i nízkou a málo předvídatelnou výtěžnost,
- mají značně omezen využitelný časový fond, například z důvodu velké poruchovosti.

2.2.2 Druhy kapacitních úzkých míst

Kapacitní úzká místa mohou mít dvojí charakter:

1. stálá úzká místa (dlouhodobá),
2. proměnlivá úzká místa (lze je označit jako pohybová nebo plovoucí).

Příkladem stálého úzkého místa v mechanických výroбах může být lakovna, neboť doba schnutí nátěru je mnohonásobně delší než operace mechanického opracování.

Poloha pohyblivého úzkého místa se mění podle momentální struktury výrobního programu, kdy různé výrobky sdílejí tentýž zdroj.

Ve výrobním systému se současně může nalézat více úzkých míst.

2.3 Jak zásadně pozvednout výkon úzkého místa?

Řešením jsou opatření, která povedou k odstranění úzkého místa. Nemusí vždy jít o znásobení kapacity dosavadního úzkoprofilového pracoviště pořízením dalšího zařízení. Lze uvažovat i o opatřeních, která povedou k lepší kapacitní vyváženosti dosavadní soustavy pracovišť, tedy ke zvýšení stupně synchronizace. [2]

2.3.1 Dělbá práce podporující synchronizaci

Jde o určení vhodného počtu navazujících pracovišť a přiřazení operací jednotlivým pracovištím tak, aby rozdíly v délce jejich pracovního taktu byly co nejmenší. Tyto úlohy se označují jako úlohy o kapacitním vyvažování nebo o vyvažování výrobních linek. V softwarových balících s úlohami operačního výzkumu (i v odborné literatuře) je najdeme pod názvem *Assembly Planning (AP)*, nebo *Assembly Line Scheduling (ALS)*. Vycházejí z technologických návazností a respektují další technická a organizační omezení. Postup řešení je založen na heuristických pravidlech. Výsledné přiřazení zpravidla není optimálním řešením, avšak ve většině případů je lze označit za lepší než přijatelné.

Ve výrobních s rozmanitým a měnícím se výrobním programem, kde jsou vazby mezi pracovišti volnější, se nedá hovořit o výrobních či montážních linkách. Uvedené postupy se však dají uplatnit i zde. Půjde zejména o hledání možností pro přesun části povinností dosavadního úzkého místa na jiné pracoviště. Toto opatření bude zpravidla spojeno s jednorázovými náklady na pořízení speciálních přípravků, zaškolení pracovníků, úpravu manipulačního prostoru apod. Současně však dosáhneme větší propustnosti výrobního systému a zvýšení příjmů tržeb. Opatření bude efektivní, jestliže vynaložené náklady budou uhrazeny přírůstkem zisku z tržeb dříve, než dojde k takové změně výrobního programu, která naruší dosavadní režim práce. [5]

2.3.2 Efektivnost pořízení dalšího pracoviště

Kapacitu úzkého místa lze zásadně pozvednout pořízením dalších paralelních pracovišť (strojů, zařízení apod.) a financováním dalších pracovníků. Toto řešení je vhodné u relativně stabilního výrobního programu, anebo se jedná o tzv. dlouhodobá úzká místa (pracoviště, která jsou potřebná pro většinu položek výrobního programu). Rozhodnutí je potřeba opřít o počítání ekonomické efektivity investice.

2.4 Chronometráž

Chronometrážní měření zpracováváme pro případy stanovení časové náročnosti bez možnosti využití tabulkových normativů. Metoda předpokládá rozbor operace na jednotlivé úkony, stanovení jejich správného pořadí a mezních bodů, které určují vždy začátek nového úkonu pro měření. Měření využíváme díky rozboru operace v případě nejen stanovení pouhé časové náročnosti, ale především v racionalizačním procesu s cílem vyloučení některých ztrátových úkonů a zavedením jednotných postupů práce. [4]

Vlastní chronometráž můžeme rozdělit celkem do tří základních fází provedení:

- příprava,
- měření,
- vyhodnocení.

Nejprve je třeba věnovat pozornost přípravné fázi, která spočívá v důkladném seznámení se s podmínkami práce, rozbor operace na úkony, stanovení mezních bodů a výběr pracovníka.

V případě měření sestavujeme soubor hodnot nejprve postupných časů (mezičasy pro jednotlivé úkony označené jako P), později ve fázi vyhodnocení výsledků přepočítáváme na časy jednotlivé ($J_{i+1} = P_{i+1} - P_i$).

Výsledkem chronometrážního měření je soubor časových náročností jednotlivých úkonů jako aritmetický průměr, odkud pouhým součtem určujeme časovou náročnost celé operace. Statistické vyhodnocení slouží k verifikaci výsledku, který je bezpochyby zatížen chybou měření a chybou provedení operace. Koeficient rozpětí časové řady, směrodatná odchylka a variační koeficient postupně slouží k vyjádření výběrové chyby průměru, která je směrodatná k verifikaci výsledku měření a vyjádřeného aritmetického průměru.

S ohledem na charakter práce je třeba určit přípustnou chybu měření a toto opakovat do chvíle, kdy hodnoty pro každý úkon splňují podmínku, že vypočtená výběrová chyba průměru je nejvýše rovna přípustné chybě. Ta se může volit pro ruční práce v intervalu 2-5 %, pro strojní operace by měla být chyba volena do 2 %. Volba přípustné chyby ovlivňuje počet nutných měření. (Uvedené hodnoty jsou pouze doporučené a vyplývají z praktických zkušeností.)

Jestliže náměry pro jednotlivé úkony statisticky vyhovují zadané přípustné chybě, můžeme výsledný aritmetický průměr jak pro úkony, tak především jejich součet jako výslednou časovou náročnost operace prohlásit za platný normativ a použít jej v dalším normování dané operace.

2.4.1 Výpočet statistických ukazatelů

Koeficient rozpětí časové řady

Vyjadřuje poměr nejvyšší hodnoty k nejnižší. Čím více se blíží k hodnotě 1, tím spíše můžeme předpokládat věrohodnost výsledku, že výsledná průměrná hodnota se blíží skutečnosti.

$$K_r = \frac{X_{\max}}{X_{\min}} \quad [1] \quad (2.1)$$

X_{\max} ... maximální hodnota časové řady [s]

X_{\min} ... minimální hodnota časové řady [s]

Průměrná hodnota časové řady

Vypočtením získáme průměr z naměřených hodnot.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad [s] \quad (2.2)$$

X_i ... naměřená hodnota [s]

n ... počet měření [1]

Směrodatná odchylka

Nejvýstižnější ukazatel kolísavosti časové řady v absolutním podání.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad [s] \quad (2.3)$$

Variační koeficient

Nejvýstižnější ukazatel kolísavosti časové řady v relativním podání. Vyjadřuje se nejčastěji jako bezrozměrný koeficient, případně v procentech.

$$v = \frac{s}{\bar{X}} \quad [\%] \quad (2.4)$$

Výběrová chyba průměru

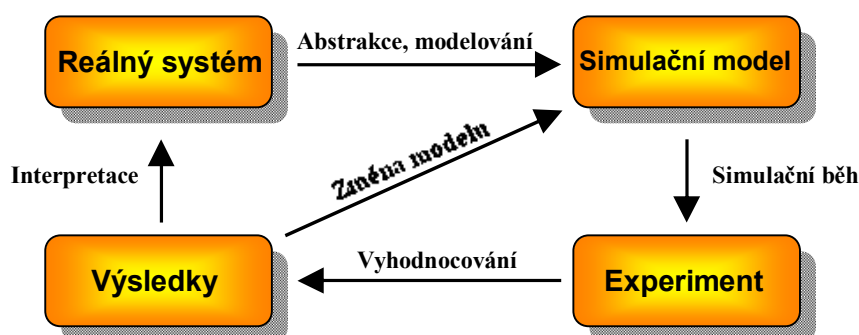
Jde o relativní rozdíl mezi průměrnou hodnotou vypočtenou z časové řady a skutečnou hodnotou. Zpravidla se vyjadřuje v procentech.

$$e_v = \frac{v}{n-1} \cdot 100\% \quad [\%] \quad (2.5)$$

2.5 Počítačová simulace

2.5.1 Princip počítačové simulace výrobních systémů

Počítačová simulace výrobního systému je etapa dynamického zkoumání výrobního systému. Jejím principem je experimentování s počítačovým modelem, který je pokud možno přesným obrazem stochasticky se chovajícího výrobního systému. Na simulačním modelu se simulují stavy systému (např. transport součástí atd.) v závislosti na čase. Jejich změna přitom nastává diskrétně v časových okamžicích, které jsou reprezentovány diskrétní událostí (např. příchod zakázky apod.). Cílem experimentování je vyhledání takových hodnot výstupních veličin modelu, které vyhovují předem stanoveným požadavkům (cílům simulační studie). Vstupní hodnoty tohoto řešení jsou potom použitelné i pro reálný systém (viz obr. 2). [3]



Obr. 2 Princip simulace [11]

2.5.2 Proč využívat počítačovou simulaci

Důvody pro využívání počítačové simulace lze shrnout do následujících deseti bodů:

- Simulací lze řešit i velmi složité systémy, které jsou neřešitelné analytickými metodami.
- Simulace umožňuje studium chování systému v reálném, zrychleném nebo zpomaleném čase.
- Již samotné zkušenosti z tvorby simulačního modelu mohou vést k návrhům na zlepšení řízení či struktury.
- Simulace nabízí komplexnější pohled na studovaný problém.
- Simulace vede k týmové práci.
- Simulace poskytuje větší přehled o podnikových procesech.
- Pozorování činnosti simulačního modelu vede k lepšímu pochopení reálného systému.
- Pomocí simulace je možné důkladně prověřit různé varianty řešení.
- Možnost využití již jednou vytvořeného simulačního modelu i v dalších činnostech podniku.
- Simulace podporuje tvůrčí práci.

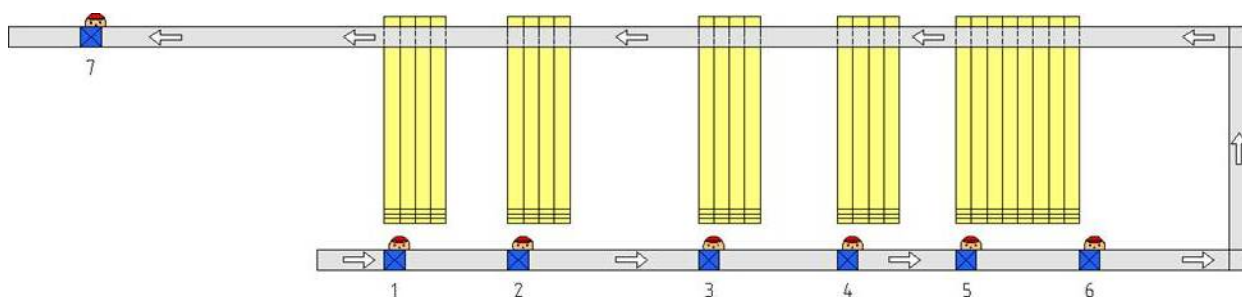
3 Analýza současného stavu

Celá expedice v potravinářském průmyslu (obr. 3) se skládá ze 7 zaměstnanců, každý z nich pracuje u jedné ze 7 vah (obr. 4), dále z hnaného válečkového dopravníku (obr. 5) a ze zásobníků sortimentu (obr. 7), ze kterých jsou připravovány objednávky zákazníků do přepravek (obr. 6). Zásobníky jsou rozděleny tak, že každý ze zaměstnanců má k dispozici jiný druh sortimentu. Přepravky, do kterých umísťují pracovníci výrobky, jsou odebírány ze zásobníku umístěného nad jejich hlavami.

Zaměstnanci expedice mají před sebou monitory, na kterých se zobrazují jednotlivé objednávky. Celý proces můžeme rozdělit na dvě části, první je vychystávání jednotlivých objednávek šesti zaměstnanci a druhá část spočívá v kontrolním vážení přepravek na kontrolní váze sedmým zaměstnancem. Poté putují přepravky do nákladních automobilů, které rozvezou objednávky zákazníkům.

Průběh přípravy výrobků k expedici:

- Zaměstnanec u váhy č. 1 připraví do přepravy položky podle objednávky ze sortimentu, který má umístěný za sebou. Každou položku, kterou vloží do přepravy zváží na váze. V okamžiku, kdy zváží poslední položku ze svého sortimentu dané objednávky, pošle přepravku k zaměstnanci u váhy č. 2.
- Zaměstnanec u váhy č. 2 současně s předcházejícím zaměstnancem připravuje do přepravy položky dle objednávky ze svého sortimentu stejným způsobem. Po zvažení poslední položky posílá svou přepravku a přepravku z váhy č. 1 dále zaměstnanci u váhy č. 3.
- Zaměstnanec u váhy č. 3 pošle k váze č. 4 společně se svou přichystanou přepravkou i přepravku z váhy č. 1 a č. 2.
- Celý proces probíhá tímto způsobem až k váze č. 6, z které posílá zaměstnanec svou přepravku společně s ostatními pěti přepravkami válečkovým dopravníkem ke kontrolní váze (č. 7)
- Zaměstnanec u kontrolní váhy (č. 7) zváží každou přichozí přepravku a posílá ji k rampě, kde se naloží do nákladního automobilu určeného pro rozvoz k zákazníkům.



Obr. 3 Schéma současného stavu



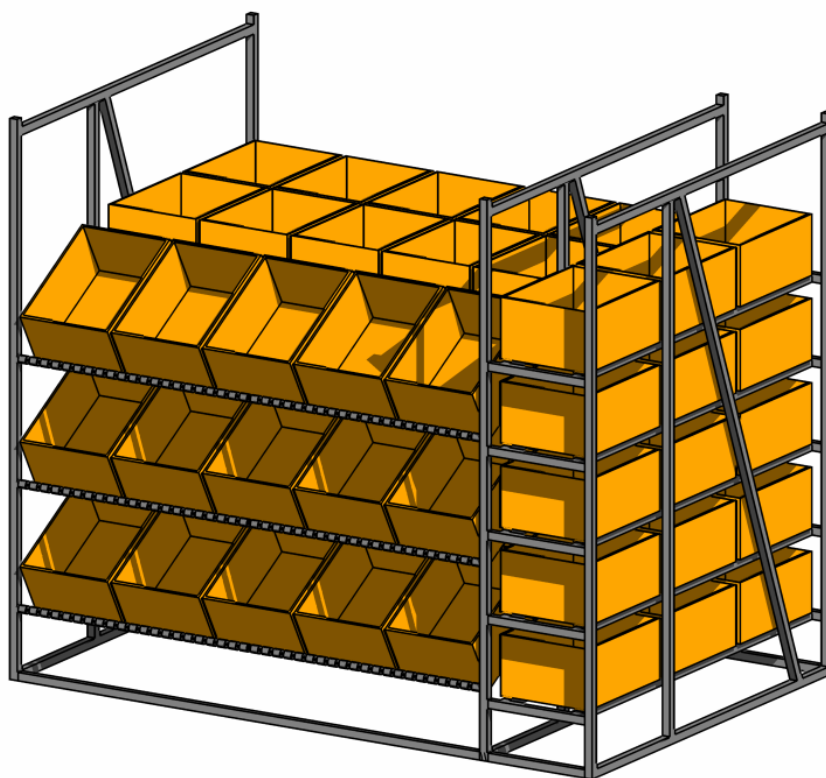
Obr. 4 Můstková váha [9]



Obr. 5 Hnaný válečkový dopravník [10]



Obr. 6 Potravinářská přepravka [8]



Obr. 7 Spádový regál

3.1 Stanovení cíle systému

Hlavním cílem podniku je zvýšení konkurenceschopnosti na trhu a s tím související zvýšení kapacity systému. Stávající kapacita je již nedostatečná a potřebuje pojmout více, aby bylo možno uspokojit více zákazníků. Získat zájem zákazníků o produkty daného podniku je první krok, ale k úspěšnému obchodu je také důležité, jestli všichni zákazníci je podnik schopen v požadovaném čase obsloužit. Nespokojený zákazník mnohdy odchází ke konkurenčním podnikům a je těžké jej získat zpět.

Nejblíže k zákazníkům má v podniku jeho expedice. Zde se připravují jednotlivé objednávky obsahující produkty podniku na cestu k zákazníkům. V expedici je důležitá rychlost přípravy objednávek. Čas, který každá z nich stráví v expedici, by měl být co nejkratší. Úkolem tedy je vyexpedovat co nejvíce objednávek v každé směně. Objednávky představují přepravy, do kterých jsou uloženy jednotlivé položky, dle požadavků zákazníků. Tyto přepravy procházejí přes kontrolní váhu a zde se nachází cíl celého systému – zvýšit počet připravených přeprav, které opustí kontrolní váhu.

Množství položek, které projde kontrolní váhou ve stávajícím systému bude vypočteno v další kapitole. Aby měla změna nějaký podstatnější význam, bylo by dobré, kdyby se průchod zvýšil alespoň o 20 %.

K dosažení tohoto cíle nejsou stanoveny žádné limitující náklady na pořízení nových zařízení, přestavbu prostoru či zvýšení počtu zaměstnanců.

3.2 Způsob měření pokroku směrem k dosažení cíle

Způsobů, jak měřit plnění zadaného cíle je několik. První z nich je pozorováním, kdy by se zaznamenávalo množství přeprav, které opustí kontrolní váhu. Tento způsob je však nevhodný, jelikož by nový systém musel být již zaveden a jeho následné změny, při nedostatečném průchodu by byly pracné a zdlouhavé.

Další možností je provedení chronometrážního měření. Tento propočet je možné použít kdykoliv, především při vytváření různých návrhů řešení a následně vybrat takové, které vypovídá o nejvyšší možné kapacitě systému. Pro tyto výpočty je nutno znát časy jednotlivých operací systému.

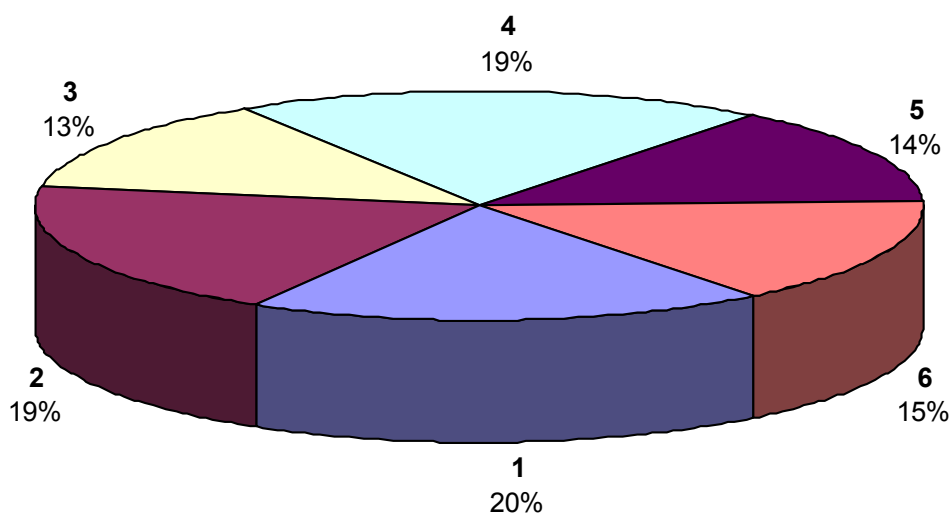
Třetí možností je počítačová simulace, kdy se zadají data daného procesu přímo do počítače. Výsledkem simulace je modelová podoba řešení.

Z těchto způsobů využijí kapacitní propočty a poté použijí pro zvolené nejvhodnějšího řešení počítačovou simulaci.

3.3 Analýza činnosti vah

Během směny v expedici byly zapisovány jednotlivé úkony přichystávajících vah s jejich průběžnými časy. K dispozici jsem měla záznamy ze dvou směn. Z těchto záznamů jsem vyhotovila grafická znázornění, která popisují produktivitu vah. První vypovídá o míře podílu každé z vychystávajících vah na celkovém množství položek, které váhy připraví dohromady za celou směnu viz graf 1.

Z tohoto grafu vyplývá, že podíl vah na celkové produkci přichystaných položek se příliš neliší. Každou směnu se však může tento podíl vah nepatrně lišit. Sortiment zásobníků, které mají jednotlivé váhy k dispozici je pravděpodobně rozdělen tak, že se bralo v úvahu, které položky jsou zákaznicky požadovány nejčastěji a s tímto ohledem byly rozmístěny mezi zásobníky jednotlivých vah.

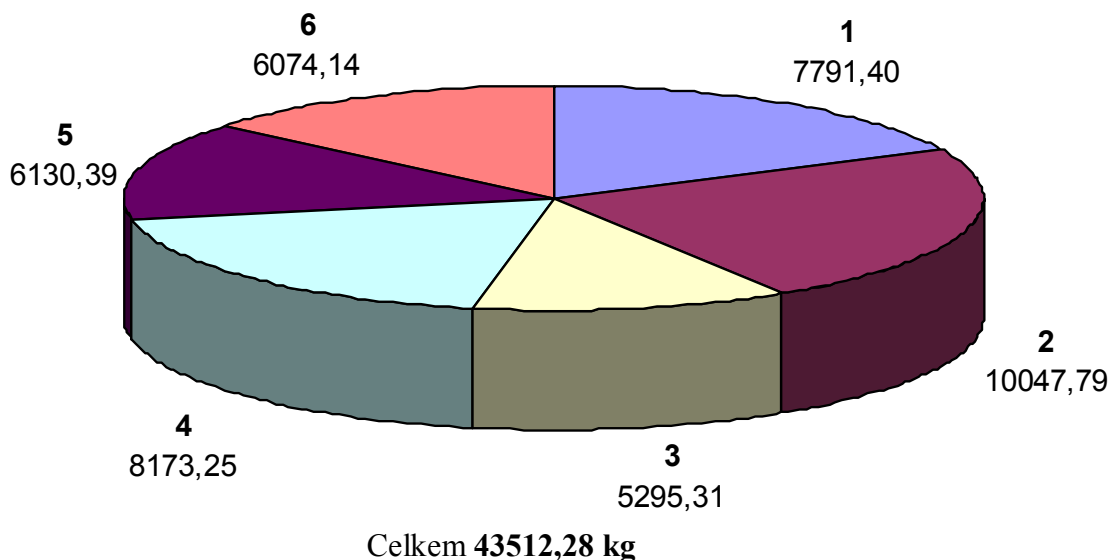


Graf 1 Podíl jednotlivých vah na položkách

Následující grafické znázornění představuje množství kg, které váhy během přípravy objednávek odeberou ze zásobníků sortimentu a umístí do přepravek viz graf 2. Každá přepravka má maximální nosnost 15 kg.

Maximální hmotnost položek zvážené na váze za směnu, jejíž hodnota je 10047,79 kg byla přichystána na váze č. 2. Oproti tomu váha č. 3 přichystala téměř o polovinu méně. Důvod tohoto rozdílu může být například ten, že v případě váhy č. 2 jde o položky, které tvoří pro zákazníky základní a tedy nejprodávanější druhy zboží pro jejich obchody. Váha č. 2 může mít v zásobníku sortimentu takové položky, které zákazníci žádají jen v malých hmotnostech.

Celková hodnota, kterou pracovníci dohromady odeberou ze zásobníků sortimentu a umístí do přepravek za směnu je rovna 43512,28 kg. Tato celková hodnota v kilogramech nachystaná pracovníky u přichystávajících vah musí být následně převážena kontrolní váhou na konci celého přípravného procesu.



Graf 2 Množství vyprodukovaných kg váhami za směnu

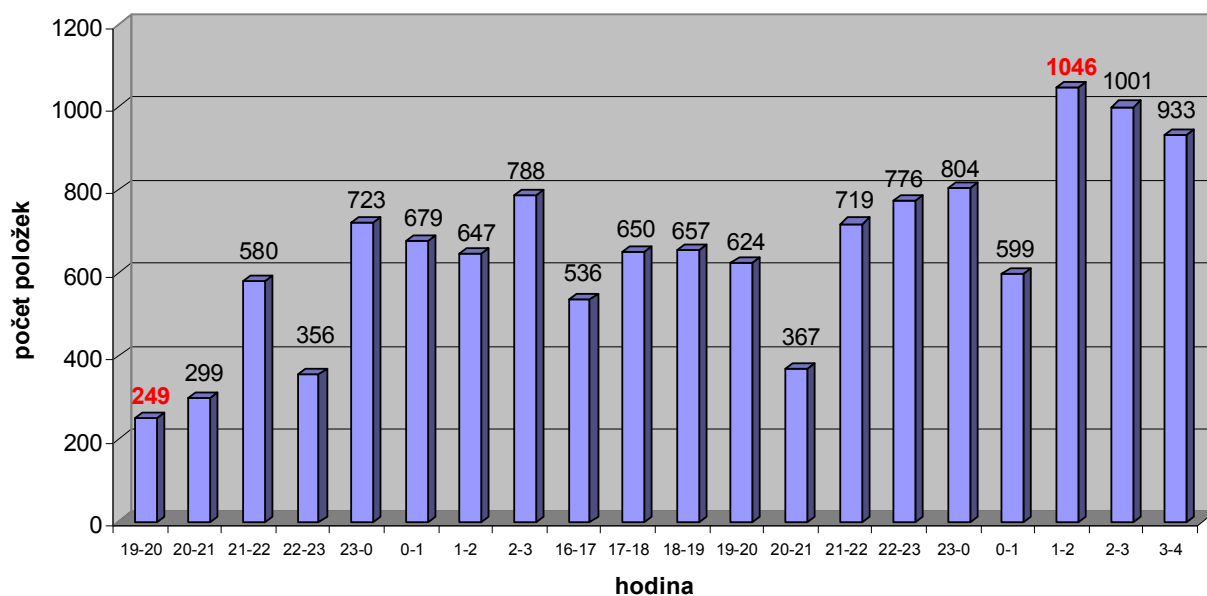
Dosavadní grafická znázornění pojednávala o jednotlivých váhách a jejich podílu na položkách tvořící objednávky zákazníků a hmotnostech, které projdou přes každou z nich. Následující grafy zobrazují pohled na produkci vah jako celku.

Časová osa těchto grafů obsahuje rozmezí hodin, ve kterých byly hodnoty měřeny. Nezobrazují však všechny hodiny z obou směn, ale pro lepší názornost jen ty, ve kterých nebyly větší časové prodlevy (přestávky a pod.).

V následujícím grafu (viz graf 3) je znázorněno množství položek, které pracovníci u vah odeberou ze zásobníků sortimentu za hodinu. Tento graf zahrnuje také související proces umístění těchto položek do přepravek a jejich postupné vážení. Červené hodnoty znázorňují maximum a minimum přichystaných a zvážených položek v náležející hodině směny.

Rozdíl mezi vyznačeným maximem a minimem na tomto grafu je více než čtyřnásobný. Vysvětlení proč tomu tak je znázorňuje graf 4.

Množství zvážených položek je v jisté míře ovlivněno počtem objednávek, které mají pracovníci u vah přichystat, proto je tedy tento rozdíl možný - maxima i minima v obou grafech jsou ve shodném čase. Počet přichystaných zakázek může být ovlivněn kolísavou poptávkou zákazníků anebo rozdílnou pracností, kterou si každá zakázka vyžaduje.

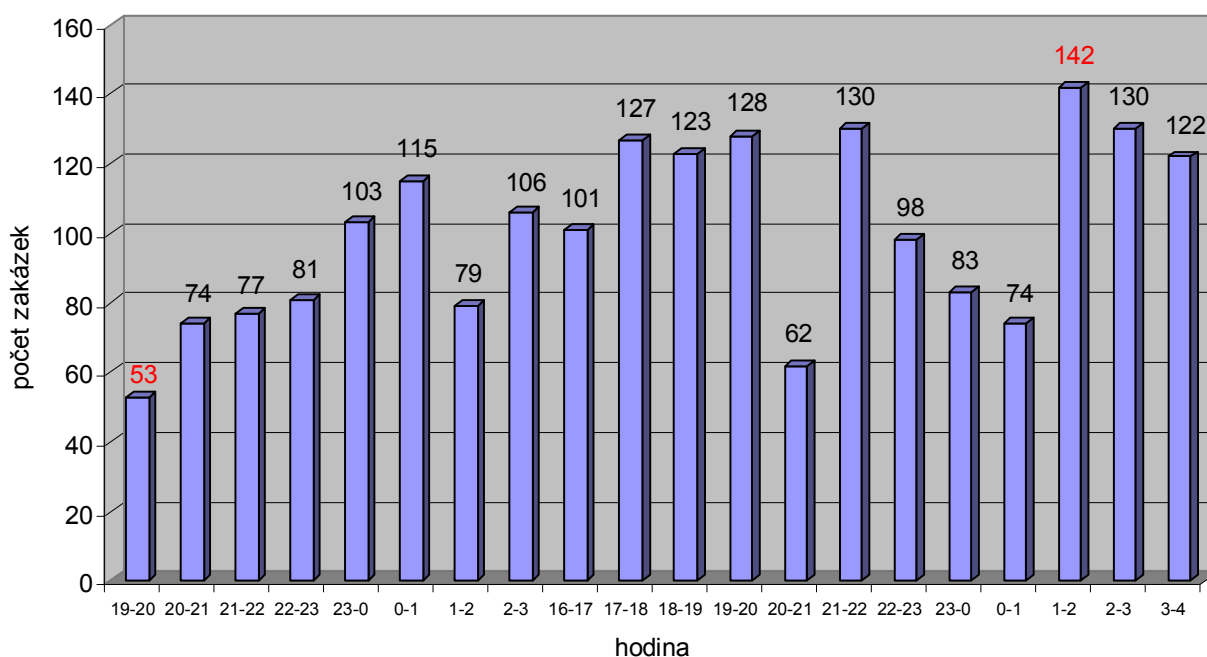


Graf 3 Počet zvážených položek váhami za hodinu

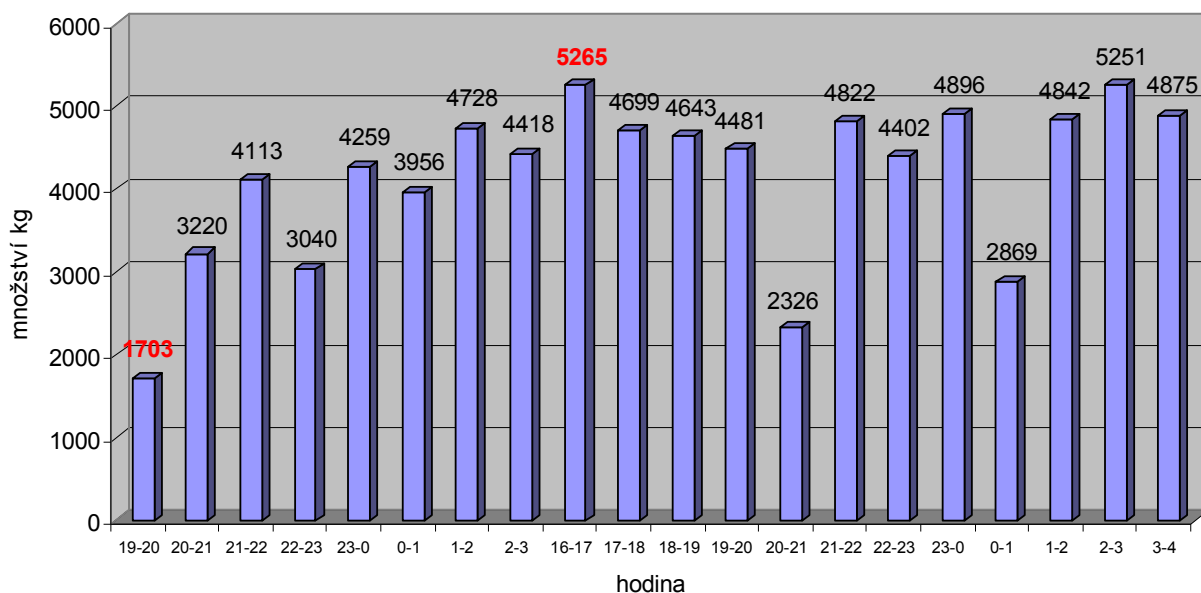
Posledním z přiložených grafů popisující produktivitu vah je graf 5, který znázorňuje množství kg za hodinu zvážené na váhách při přichystávání zakázek.

Výše zmíněná pracnost je na tomto grafu nejznatelnější, jelikož představuje hmotnost, kterou musí pracovníci ručně přemístit ze zásobníků sortimentu do přepravek.

Znázorněné maximum je nejpracnější úsek, neodpovídá však hodině, kdy bylo nejvíce zakázek s nejvíce položkami, proto je tento graf nejreálnějším znázorněním produktivity všech vah přichystávajících zakázky v expedici.



Graf 4 Počet přichystaných zakázek váhami za hodinu



Graf 5 Množství kg zvážené váhami za hodinu

Z naměřených hodnot, které sloužili k vytvoření grafů dále vypočítám průměrnou hodnotu pro počet položek, které připadají na jednu zakázku a průměrnou hmotnost jedné položky. Tyto hodnoty následně použiji pro vytvoření teoretického modelu systému a provedu chronometrážní měření. Z tohoto měření vyjde teoretický čas, který je potřebný pro přichystání jedné zakázky. Teoretický čas je to proto, že v každé zakázce je jiný počet položek a také i jejich hmotnost je rozdílná, skutečný čas pro přichystání takovýchto zakázek by byl v každém případě odlišný.

3.3.1 Průměrné hodnoty systému

Počet položek v jedné objednávce:

$$P = \frac{p}{o} = \frac{13033}{2008} = 6,49 \text{ položek} \Rightarrow 6 \text{ položek} \quad (3.1)$$

p ... celkový počet položek za 2 směny [1]

o ... celkový počet objednávek za 2 směny [1]

Hmotnost připadající na jednu položku:

$$H = \frac{h}{p} = \frac{87024,55}{13033} = 6,68 \text{ kg} \quad (3.2)$$

h ... celková váha položek za 2 směny [kg]

3.4 Maximální využití daného omezení - chronometráž

Významný faktor, který ovlivňuje produktivitu jsou časy přidávající a nepřidávající hodnotu pro zákazníka. Rozdělení jednotlivých časových úseků (úkonů) průběhu procesů systému (viz tab. 1) jsou následující:

Tab. 1 Úkony přidávající a nepřidávající hodnotu pro zákazníka

Úkon	Rozdělení
Uchopení přepravky	Nepřidávající hodnotu
Umístění přepravky na váhu	Nepřidávající hodnotu
Otočení se o 180°	Nepřidávající hodnotu
Uchopení výrobku	Přidávající hodnotu
Otočení se o 180° zpět s výrobkem	Nepřidávající hodnotu
Položení výrobku do přepravky	Přidávající hodnotu
Zvážení	Přidávající hodnotu
Posunutí přepravky k další váze	Nepřidávající hodnotu
Přemístění přepravky po válečkové dráze	Nepřidávající hodnotu
Posunutí přepravky na kontrolní váhu	Nepřidávající hodnotu
Zvážení přepravky	Nepřidávající hodnotu
Posunutí přepravky z váhy	Nepřidávající hodnotu

Úkonů, které nepřidávají hodnotu je mnohem více než úkonů hodnotu přidávajících. Jejich časy tedy prodlužují dobu trvání celého procesu přichystávání zakázek v expedici, snahou by mělo být tyto časy eliminovat nebo pokud to bude možné alespoň minimalizovat.

3.4.1 Příprava

Pro provedení samotné chronometráže je nutné znát všechny procesy, které se v expedici vyskytují. Níže (viz tab. 2) jsou tyto procesy vypsány včetně mezních bodů. Posloupnost procesů je také popsána v úvodu do kapitoly 3.

Prvních 8 procesů se odehrává u všech přichystávajících vah současně, proto jsou tyto procesy v tabulce zastoupeny jen jedenkrát. Komplikace nastává až tehdy, kdy se přepravky z předchozích vah začnou hromadit u 2. až 6. váhy, kdy v pořadí šestá váha musí v konečné fázi posunout přes svou váhu 5 přichystaných přepravek na válečkový dopravník (posunutí přichystané přepravky ze šesté váhy je již započteno v předchozích zmiňovaných 8 současných procesech). Posouvání přichystaných přepravek přes váhy probíhá současně, proto je změřen pouze celkový čas přesouvání všech 5-ti přepravek přes šestou váhu. Na kontrolní váze musí pracovník zvážit celkem 6 přichystaných přepravek (v tab. značeno 6x).

Tab. 2 Úkony systému a jejich mezní body

Pořadí	Úkon	Mezní bod
1.	Uchopení přepravky	Přepravka uchopena
2.	Umístění přepravky na váhu	Přepravka umístěna na váze
3.	Otočení se o 180°	Otočen k zásobníku sortimentu
4.	Uchopení výrobku	Výrobek uchopen
5.	Otočení se o 180° zpět s výrobkem	Otočen zpět s výrobkem k váze
6.	Položení výrobku na váhu	Výrobek položen na váze
7.	Zvážení	Zváženo
8.	Posunutí přepravky	Přepravka posunuta k další váze
9.	Posunutí 5-ti přepravek z předchozích vah	Přepravky posunuty na válečkovou dráhu
10.	Přemístění přepravky po válečkové dráze	Přepravka přemístěna ke kontrolní váze
11.	Posunutí přepravky na kontrolní váhu (6x)	Přepravka umístěna na kontrolní váze
12.	Zvážení přepravky (6x)	Přepravka zvážena
13.	Posunutí přepravky z váhy (6x)	Přepravka posunuta z váhy

3.4.2 Měření

V této fázi chronometráže je provedeno 5 měření postupných časů (P) úkonů a z těchto časů jsou vypočteny časy jednotlivé (J). Vyznačené hodnoty v tabulce (tab. 3) představují celkovou dobu potřebnou na přichystání jedné zakázky.

Tab. 3 Náměry časů úkonů

Náměry	1		2		3		4		5	
	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J
1.	1,03	1,03	1,14	1,14	1,18	1,18	1,07	1,07	1,12	1,12
2.	2,92	1,89	2,85	1,71	3	1,82	2,74	1,67	2,86	1,74
3.	4,61	1,69	4,69	1,84	4,69	1,69	4,49	1,75	4,67	1,81
4.	5,55	0,94	5,65	0,96	5,61	0,92	5,47	0,98	5,63	0,96
5.	7,59	2,04	7,76	2,11	7,67	2,06	7,57	2,1	7,85	2,22
6.	8,5	0,91	8,64	0,88	8,62	0,95	8,49	0,92	8,74	0,89
7.	13,37	4,87	13,78	5,14	13,77	5,15	13,17	4,68	13,86	5,12
8.	14,43	1,06	14,97	1,19	14,94	1,17	14,25	1,08	14,97	1,11
9.	24,97	10,54	24,79	9,82	24,83	9,89	24,47	10,22	25,03	10,06
10.	81,47	56,5	81,29	56,5	81,33	56,5	80,97	56,5	81,53	56,5
11.	89,93	8,46	88,91	7,62	89,85	8,52	88,95	7,98	89,93	8,4
12.	120,71	30,78	118,61	29,7	118,47	28,62	119,19	30,24	119,81	29,88
13.	130,07	9,36	126,77	8,16	127,59	9,12	127,17	7,98	128,69	8,88

3.4.3 Vyhodnocení

Následující tabulka (tab. 4) je ověřením, zda počet náměrů je dostatečný. O této skutečnosti vypovídá výběrová chyba průměru e_v , která by neměla být vyšší než 5 %. U všech úkonů je počet 5-ti provedených měření dostatečný.

Tab. 4 Výpočty hodnot chronometráže

Úkon č.	MAX [s]	MIN [s]	\bar{X} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
1.	1,18	1,03	1,11	5	0,06	1,15	0,05	1,25
2.	1,89	1,67	1,77	5	0,09	1,13	0,05	1,25
3.	1,84	1,69	1,76	5	0,07	1,09	0,04	1,00
4.	0,98	0,92	0,95	5	0,02	1,07	0,02	0,50
5.	2,22	2,04	2,11	5	0,07	1,09	0,03	0,75
6.	0,95	0,88	0,91	5	0,03	1,08	0,03	0,75
7.	5,15	4,68	4,99	5	0,21	1,10	0,04	1,00
8.	1,19	1,06	1,12	5	0,06	1,12	0,05	1,25
9.	10,54	9,82	10,11	5	0,29	1,07	0,03	0,75
10.	56,50	56,50	56,50	5	0,00	1,00	0,00	0,00
11.	8,52	7,62	8,20	5	0,39	1,12	0,05	1,25
12.	30,78	28,62	29,84	5	0,80	1,08	0,03	0,75
13.	9,36	7,98	8,70	5	0,60	1,17	0,07	1,75

Konečné vyhodnocením provedené chronometráže pro stávající stav v potravinářském průmyslu v expedičním oddělení je uvedeno v tabulce (viz tab. 5).

Tab. 5 Konečné vyhodnocení chronometráže

Výpočet	MAX [s]	MIN [s]	\bar{X} [s]	n [1]	s [s]	K_r [1]	v [%]	e_v [%]
	130,07	126,77	128,06	5	1,33	1,03	0,01	0,25

Průměrná časová hodnota pro dobu přichystání jedné zakázky činí 128,06 s. Aby expedice byla schopna přichystat větší množství zakázek, bude nutné, aby tento čas byl zkrácen na minimální potřebnou dobu. Snahou tedy bude minimalizovat nebo odstranit úkony, které jsou charakterizovány jako nepřidávající hodnotu pro zákazníka a touto cestou dojít k urychlení celého procesu.

Výpočty

- Příklad výpočtu pro tab. 4, dosazeno do vzorců 2.1 – 2.5:

Průměrná hodnota časové řady

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{1,03 + 1,14 + 1,18 + 1,07 + 1,12}{5} = \underline{\underline{1,11 \text{ s}}}$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(1,03 - 1,11)^2 + (1,14 - 1,11)^2 + (1,18 - 1,11)^2 + (1,07 - 1,11)^2 + (1,12 - 1,11)^2}{5-1}} = \\ = \underline{\underline{0,06 \text{ s}}}$$

Koeficient rozpětí časové řady

$$K_r = \frac{X_{\max}}{X_{\min}} = \frac{1,18}{1,03} = \underline{\underline{1,15}}$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{0,06}{1,11} = \underline{\underline{0,05 \%}}$$

Výběrová chyba průměru

$$e_v = \frac{v}{n-1} \cdot 100\% = \frac{0,05}{5-1} \cdot 100\% = \underline{\underline{1,25 \%}}$$

➤ Výpočet pro tab. 5, dosazeno do vzorců 2.1 – 2.5:

Průměrná hodnota časové řady

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{130,07 + 126,77 + 127,59 + 127,17 + 128,69}{5} = \underline{\underline{128,06 \text{ s}}}$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{7,11}{5-1}} = \underline{\underline{1,33 \text{ s}}}$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 &= (130,07 - 128,06)^2 + (126,77 - 128,06)^2 + (127,59 - 128,06)^2 + (127,17 - 128,06)^2 + \\ &+ (128,69 - 128,06)^2 = 7,11 \text{ s} \end{aligned}$$

Koeficient rozpětí časové řady

$$K_r = \frac{X_{\max}}{X_{\min}} = \frac{130,07}{126,77} = \underline{\underline{1,03}}$$

Variační koeficient

$$v = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{1,33}{128,06} = \underline{\underline{0,01 \%}}$$

Výběrová chyba průměru

$$e_v = \frac{v}{n-1} \cdot 100\% = \frac{0,01}{5-1} \cdot 100\% = \underline{\underline{0,25 \%}}$$

4 Specifikace problémů

4.1 Identifikace omezení systému

Tvorba dobrého plánu musí začít u identifikace omezení. Co může být omezení? Hovořit budu pouze o fyzických omezeních (přestože v praxi představují až 90 % omezení nefyzická neboli tzv. procedurální omezení).

Fyzická omezení mohou teoreticky vzniknout na trhu, ve výrobních kapacitách nebo na straně materiálu (dodavatele). Jako skutečné úzké místo můžeme označit zdroj pouze za předpokladu, že požadavky na něj kladené jsou vyšší než maximální možná dostupnost tohoto zdroje.

Identifikace úzkého místa v expedici není nikterak složitá. Můžeme se na ni dívat ze dvou úhlů pohledu.

- první je takový, že budeme vnímat celou expedici jako úzké místo, kdy všechny vstupující požadavky do systému jsou omezeny propustností expedice jako celku,
- druhou možností je pohled na expedici jako na dvě pracující části systému. První částí jsou váhy, které připravují jednotlivé objednávky pro zákazníky do přepravek. Tyto přepravy se poté dostávají do druhé části expedice, kterou je kontrolní váha.

V prvním případě je vnímán systém jako jedno úzké místo. Toto úzké místo lze charakterizovat jako stálé, omezené rychlostí propustnosti připravených objednávek. Před systémem dochází k hromadění objednávek zákazníků a jejich průchod systémem je ztlačován.

V druhém případě, kdy se na systém pohlíží podrobněji, lze charakterizovat jako stálé úzké místo první část systému, kterou tvoří váhy chystající jednotlivé objednávky, jelikož rychlost chystání objednávek na těchto vahách má největší podíl na celkové produkci celého systému. Při nedostatečné rychlosti dochází k hromadění objednávek připravených k jejich nachystání před první částí. Druhou část tohoto systému, kde dochází k vážení již přichystaných přepravek s objednávkami na kontrolní váze můžeme považovat za potencionální druhé úzké místo. Při vyšší produkci v první části je možné předpokládat, že toto pracoviště nebude schopné při své kapacitě všechny příchozí vstupy pojmout a dojde tak k hromadění přepravek před touto částí systému.

Přesná identifikace problému je uvedena v následující kapitole.

4.2 Identifikace problémů způsobujících omezení systému

Hlavním problémem stávajícího systému je dlouhá doba přichystávání zakázek a s tím související nízká propustnost expedice. Úkolem je najít všechny stávající omezení, které brání v urychlení přípravy a tím i zvýšení propustnosti zakázek v expedici. Rozborem stávajícího stavu a provedením chronometrážního měření jsem identifikovala tyto problémy:

- výskyt mnoha úkonů nepřidávajících hodnotu pro zákazníka,
- dlouhá doba ustálení vah,
- hromadění přepravek před váhami a s tím spojené přesouvání,
- dlouhá válečková trať.

Výskyt mnoha úkonů nepřidávajících hodnotu pro zákazníka

Tyto procesy jsou pro přípravu zakázek určeny jako postradatelné, ale ne vždy je možná jejich naprostá eliminace. Z přípravy chronometráže (viz tab. 1) je patrné, že celé $\frac{2}{3}$ úkonů systému jsou charakterizovány právě takto. Následkem může být dříve přichozí pocit unavenosti pracovníků a pokles jejich výkonnosti.

Dlouhá doba ustálení vah

Je to proces, kdy se čeká na ustálení hmotnostní hodnoty vážené položky. V dnešní době jsou na trhu moderní váhy, jejichž doba ustálení při vážení je mnohem kratší než u současných používaných vah v této expedici.

Hromadění přepravek před váhami a s tím spojené přesouvání

Hromadění přepravek před každou z přichystávajících vah (osa x), které musí pracovník přes svou váhu přesunout v závislosti na průběhu přípravy jedné zakázky (osa y) je zobrazeno v příloze A. Hromadění přepravek prodlužuje celkový čas přípravy zakázek a má také nepříznivý vliv na vytíženost pracovníka u váhy č. 6.

Dlouhá válečková trať

Nejdelším časem při přípravě zakázky je doprava přepravky válečkovou tratí ke kontrolní váze. Rychlost přepravy činí 1 m/s, každý metr válečkové tratě navíc tedy znamená prodloužení přípravného procesu o 1 s. Je jedním z úkonů nepřidávajících hodnotu pro zákazníka, ale její zastoupení v systému je v jisté míře nepostradatelné. Slouží jako spojovací část přichystávajících vah s kontrolní váhou.

5 Variantní řešení

Tato kapitola obsahuje tři navržená řešení. První z nich pojednává o rozdělení přípravné části expedice, druhá o vzájemné spolupráci pracovníků a třetí o postupném vážení zakázek.

5.1 Rozdělení úseku přípravy zakázek

Hlavním cílem této varianty je rozdělit část systému, kde probíhá samotná příprava zakázek. Vytvořila jsem dvě ramena, v každé jsou umístěny čtyři váhy s pracovníky (viz příloha B). Toto rozdělení mně umožnilo přidat do systému další dvě váhy pro zvýšení produktivity přichystávání zakázek. Výsledkem by mělo být snížení počtu přepravek procházejících přes jednotlivé váhy (viz příloha B). V porovnání se současným stavem, kde je přes poslední přichystávající váhu přemístěno 5 přepravek budou v této variantě přes poslední váhy č. 4 a č. 8 procházet jen 3 přepravky.

Z analýzy probíhajících procesů, které jsou identifikovány jako nepřidávající hodnotu pro zákazníka jsem minimalizovala především:

- přesouvání přepravek přes přichystávající váhy,
- otáčení pracovníků pro výrobky k zásobníkům sortimentu,
- čas potřebný k ustálení hmotnostní hodnoty váženého výrobku,
- čas potřebný k přemístění přepravky po válečkové trati ke kontrolní váze.

Minimalizování (v tomto případě eliminace) otáčení pracovníků pro výrobky jsem provedla přisunutím zásobníku sortimentu k vahám pracovníků. Pracovníci budou k zásobníku stát čelem a výrobky budou odebírat z této pozice. Jelikož jsem přidala další dva pracovníky navíc, zúžilo se množství sortimentu, který má každý pracovník k dispozici v zásobníku a tím se zmenšila nutnost většího pohybu pracovníka, při chystání zakázek.

Navržené váhy v této variantě jsou modernější než současné použité. Jejich doba ustálení je v rozmezích 2 – 3 s na rozdíl od současných 4 s. Na trhu již existují i takové váhy, které jsou zabudované přímo v dopravníku a jsou automatizované (viz obr. 9). Jejich výkon vážení dosahuje až 100 ks/min. Této možnosti využiji a nahradím současnou kontrolní váhu vahou automatizovanou. Výsledkem je menší potřebná pracovní síla a mnohem kratší čas vážení.

Nejdelším časem při přípravě zakázek byl identifikován čas potřebný k přemístění přepravek od přichystávajících vah k váze kontrolní. Přicházely by v úvahu dvě možnosti řešení - zvýšit dopravní rychlost anebo zkrátit trasu dopravníku. První možnost nelze realizovat, jelikož parametry válečkového hnaného dopravníku nejsou přizpůsobené na vyšší rychlost než je 1 m/s. Proto volím druhou variantu a zkrátím trasu na $\frac{1}{3}$ celkové délky.

Průběh přípravy výrobků k expedici:

- Pracovníci u vah č. 1 a č. 5 připraví do přepravy položky podle objednávky ze sortimentu, který mají umístěný před sebou. Každou položku, kterou vloží do přepravy zváží na váze. V okamžiku, kdy zváží poslední položku ze svého sortimentu dané objednávky, pošlou přepravy k pracovníkům své větve tj. k vahám č. 2 a č. 6.
- Pracovníci u vah č. 2 a č. 6 současně s předcházejícími pracovníky připravují do přepravek položky dle objednávky ze svého sortimentu stejným způsobem. Po zvážení poslední položky posílají své přepravy a přepravy z vah svého ramene tj. č. 1 a č. 5 dále k zaměstnancům u vah č. 3 a č. 7.
- Pracovníci u vah č. 3 a č. 7 pošlou k posledním přichystávajícím vahám č. 4 a č. 8 společně se svou přichystanou přepravkou i přepravy z předcházejících vah svého ramene.
- Všechny přichystané přepravy posílají pracovníci z vah č. 4 a č. 8 válečkovým dopravníkem ke kontrolní váze č. 9.
- Kontrolní váha č. 9 zváží každou příchozí přepravku a posílá ji k rampě, kde se naloží do nákladního automobilu určeného pro rozvoz k zákazníkům.

Tab. 6 Úkony systému a jejich charakteristika

Úkon	Rozdělení	Čas [s]
Uchopení přepravy	Nepřidávající hodnotu	1,11
Umístění přepravy na váhu	Nepřidávající hodnotu	1,77
Uchopení výrobku	Přidávající hodnotu	0,95
Položení výrobku do přepravy	Přidávající hodnotu	0,91
Zvážení	Přidávající hodnotu	2,50
Posunutí přepravy k další váze	Nepřidávající hodnotu	1,12
Posunutí 3 přepravek z předchozích vah	Nepřidávající hodnotu	6,10
Přemístění přepravy po válečkové dráze	Nepřidávající hodnotu	18,83
Proces vážení 8 přepravek kontrolní váhou	Nepřidávající hodnotu	4,8
		38,09

V tabulce (tab. 6) jsou uvedeny procesy obsahující tento systém včetně časů jejich trvání, výsledný čas přichystávání zakázek je roven 38,09 s. V systému vznikne celkem 8 přichystaných přepravek obsahující položky objednávky. V porovnání se současným stavem, kde čas pro přichystání jedné objednávky odpovídá 128,06 s je tento čas kratší o 70 %.

5.2 Kooperace pracovníků

Varianta (viz příloha C) je zaměřena především na úsek, ve kterém se pracovníci musí otáčet pro výrobky k zásobníku sortimentu. Tento proces je jedním z nepřidávající hodnotu pro zákazníka a značně prodlužuje celý proces přichystávání objednávek.

Pro minimalizaci času ztraceného otáčením jsem přiřadila ke každé váze dva pracovníky, kteří budou spolupracovat ve přichystávání objednávek. Cíl varianty spočívá v tom, že při požadavku, který bude obsahovat dvě či více položek ze sortimentu, který mají kooperující pracovníci k dispozici, nebude docházet k časovým prodlevám, které vznikají při otáčení pracovníka, uchopení výrobku a otáčení se zpět k váze. Pracovníci si rozdělí položky, které požadavek obsahuje. V okamžiku, kdy jeden z pracovníků bude vážit první položku požadavku, přichystá si druhý pracovník svou položku, kterou zváží v momentě, kdy se první pracovník otočí pro další položku požadavku. Vážení položek bude na sebe plynule navazovat a proto budou časové prodlevy mezi jednotlivými váženími nulové.

Při použití varianty kooperace pracovníků dochází k vysokým nárokům na pracovní sílu, každá další navržená váha znamená najmutí dalších dvou pracovníků a tím by ztrácela tato varianta na své funkční efektivnosti při možném použití v expedici. Proto jsem navrhla pouze čtyři váhy s osmi pracovníky.

Z analýzy probíhajících procesů, které jsou identifikovány také jako nepřidávající hodnotu pro zákazníka jsem minimalizovala:

- otáčení pracovníků pro výrobky k zásobníkům sortimentu,
- přesouvání přepravek přes přichystávající váhy,
- čas potřebný k ustálení hmotnostní hodnoty váženého výrobku,
- čas potřebný k přemístění přepravky po válečkové trati ke kontrolní váze.

Počet přepravek z předchozích vah připravených dle objednávek zákazníků, který bude potřebný přesouvat přes poslední přichystávající váhu (váha č. 4) se bude v této variantě rovnat třem přeprávkám (viz příloha C).

Váhy použité v současnosti budou nahrazeny moderními vahami s dobou ustálení v rozmezí 2-3 s (také viz kapitola 5.1). Kontrolní váha bude automatizovaná.

Pro přemístění přepravky ke kontrolní váze jsem ponechala hnaný válečkový dopravník, který jsem ze současné délky zkrátila na $\frac{1}{3}$. V poměru se zkrácením délky dráhy se zkrátí i čas, za který se uskuteční přemístění přepravky od přichystávajících vah k váze kontrolní.

Průběh přípravy výrobků k expedici:

- Pracovníci u váhy č. 1 připraví do přepravy položky podle objednávky ze sortimentu, který mají umístěný za sebou. Každou položku, kterou vloží do přepravy zváží na váze. V okamžiku, kdy zváží poslední položku ze svého sortimentu dané objednávky, pošlou přepravku k pracovníkům u váhy č. 2.
- Pracovníci u váhy č. 2 současně s předcházejícími pracovníky připravují do přepravy položky dle objednávky ze svého sortimentu stejným způsobem. Po zvážení poslední položky posílají svou přepravku a přepravku z váhy č. 1 dále pracovníkům u váhy č. 3.
- Pracovníci u váhy č. 3 pošlou k váze č. 4 společně se svou přichystanou přepravkou i přepravku z váhy č. 1 a č. 2.
- Všechny přichystané přepravy posílají pracovníci z váhy č. 4 válečkovým dopravníkem ke kontrolní váze č. 5.
- Kontrolní váha č. 5 zváží každou přichozí přepravku a posílá ji k rampě, kde se naloží do nákladního automobilu určeného pro rozvoz k zákazníkům.

Tab. 7 Úkony systému a jejich charakteristika

Úkon	Rozdělení	Čas [s]
Uchopení přepravy	Nepřidávající hodnotu	1,11
Umístění přepravy na váhu	Nepřidávající hodnotu	1,77
Položení výrobku do přepravy (2x)	Přidávající hodnotu	0,91 x 2
Zvážení (2x)	Přidávající hodnotu	2,50 x 2
Posunutí přepravy k další váze	Nepřidávající hodnotu	1,12
Posunutí 3 přepravek z předchozích vah	Nepřidávající hodnotu	6,10
Přemístění přepravy po válečkové dráze	Nepřidávající hodnotu	18,83
Proces vážení 4 přepravek kontrolní váhou	Nepřidávající hodnotu	2,4
		38,15

Potřebný čas pro přichystání objednávky pro zákazníka při kooperaci pracovníků činí 38,15 s. V tabulce (tab. 7) jsou uvedeny časy, které jsou započteny dvakrát z důvodu, že v předchozí variantě jsem počítala s průměrnými hodnotami současného systému vypočtené v kapitole 3.3.1, kde byl vypočten průměrný počet položek v jedné objednávce – 6 položek. Tato varianta obsahuje 4 váhy, které musí zvážet 6 položek, proto bude na dvě váhy v systému připadat jedna položka navíc a s tím souvisí i dvojnásobná práce. Na kontrolní váze se zváží 4 přepravy. V porovnání se současným stavem je varianta rychlejší o 70 %.

5.3 Položkové vážení zakázky

Dosud uvedené varianty včetně současného stavu obsahovaly proces, kdy pracovníci u přichystávajících vah vkládali při vážení položky přímo do přepravek. Varianta položkového vážení zakázky (viz příloha D) představuje odebrání přepravek pracovníkům v úseku přípravy zakázek a s tím související zkrácení času potřebného na manipulaci s přepravkami. Pracovníci budou připravovat zakázky jednu po druhé.

Počet pracovníků v první etapě expedice jsem ponechala stejný – 6 pracovníků u 6 přichystávajících vah. Rozmístila jsem je do dvou větví, aby dráha po které se výrobky budou pohybovat ke kontrolní váze nebyla dlouhá a neztrácel se tak čas jejich dopravou. Rozdíl je v druhé etapě v úseku kontrolní váhy, kde jsem umístila dvě váhy. Zrušení přepravek v první části expedice znamená zvýšení nároku na práci v části druhé. Zde budou pracovníci manipulovat a plnit přepravky do maximální nosnosti (méně potřebných přepravek) naváženými položkami z přichystávajících vah a budou následně převáženy. Jedna kontrolní váha by byla vytížená natolik, že by nestíhala všechny příchozí položky ukládat a vážit, proto jsem navrhla dvě spolupracující kontrolní váhy, které se na této práci budou podílet. Pracovníci u těchto vah budou stát bokem k dopravovaným výrobkům a v této poloze budou setrvávat. Vykonyvat budou pohyby obsahující odebrání přepravky ze zásobníku nad jejich hlavami a odebírání výrobků z dopravníku s následným umístěním do přepravky a zvážení.

Z analýzy probíhajících procesů, které jsou identifikovány jako nepřidávající hodnotu pro zákazníka jsem minimalizovala nebo eliminovala:

- manipulaci s přepravkami na přichystávajících vahách,
- otáčení pracovníků pro výrobky k zásobníkům sortimentu,
- čas potřebný k ustálení hmotnostní hodnoty váženého výrobku,
- čas potřebný k přemístění přepravky ke kontrolním vahám.

Pracovníci, kteří přichystávají objednávky budou mít zásobník sortimentu po jejich pravé ruce. Zmenší se tak úhel otáčení pro výrobky k zásobníku a také následné otáčení zpět s výrobkem k váze.

Místo současných vah budou použity moderní váhy stejně jako v předcházejících variantách, jejich doba ustálení je v rozmezích 2-3 s. Kontrolní váha bude automatizovaná.

Současný hnaný válečkový dopravník je ve variantě nahrazen pásovým dopravníkem (viz obr. 10). Rychlost pásových dopravníků je v rozmezí 0,1-6 m/s. V první části expedice u přichystávajících vah volím rychlost 3 m/s, v druhé části u kontrolních vah volím rychlost 0,1 m/s. Pásové dopravníky na sebe navazují pomocí gravitačního válečkového dopravníku (viz obr. 8).

Průběh přípravy výrobků k expedici:

- Pracovníci u vah č. 1 až č. 6 současně odeberou a zvaží položky podle objednávky ze svých zásobníků sortimentu, který mají umístěný po svém boku. Každou zváženou položku odsunou na pásový dopravník.
- Všechny přichystané položky posílají pracovníci z vah č. 1 až č. 6 pásovým dopravníkem ke kontrolním vahám č. 7 a č. 8.
- Pracovníci u kontrolních vah č. 7 a č. 8 si na své váhy připraví přepravky do kterých budou vkládat dopravené položky z přichystávajících vah. V momentě, kdy dosáhnou maximální nosnosti přepravky (15 kg) zvaží celou přepravku s položkami a posílají ji hnaným válečkovým dopravníkem k rampě, kde se naloží do nákladního automobilu určeného pro rozvoz k zákazníkům.

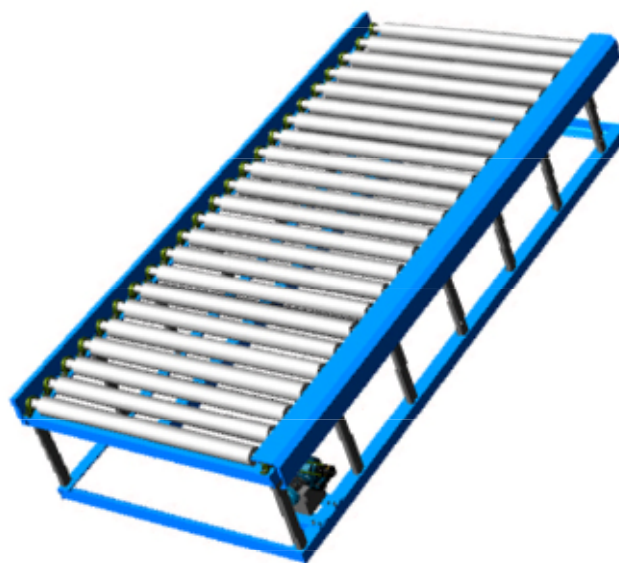
Tab. 8 Úkony systému a jejich charakteristika

Úkon	Rozdělení	Čas [s]
Otočení se o 90°	Nepřidávající hodnotu	0,88
Uchopení výrobku	Přidávající hodnotu	0,95
Otočení se o 90° zpět s výrobkem	Nepřidávající hodnotu	1,10
Položení výrobku na váhu	Nepřidávající hodnotu	0,91
Zvážení	Přidávající hodnotu	2,50
Odsunutí výrobku z váhy	Nepřidávající hodnotu	0,98
Přemístění položky po pásovém dopravníku	Nepřidávající hodnotu	4,50
Přemístění výrobku z dopravníku do přepravky (4x)	Přidávající hodnotu	1,70 x 4
Uchopení přepravky	Nepřidávající hodnotu	1,11
Zvážení plné přepravky (2x)	Nepřidávající hodnotu	2,50 x 2
Posunutí přepravky z váhy (2x)	Nepřidávající hodnotu	1,45 x 2
		25,93

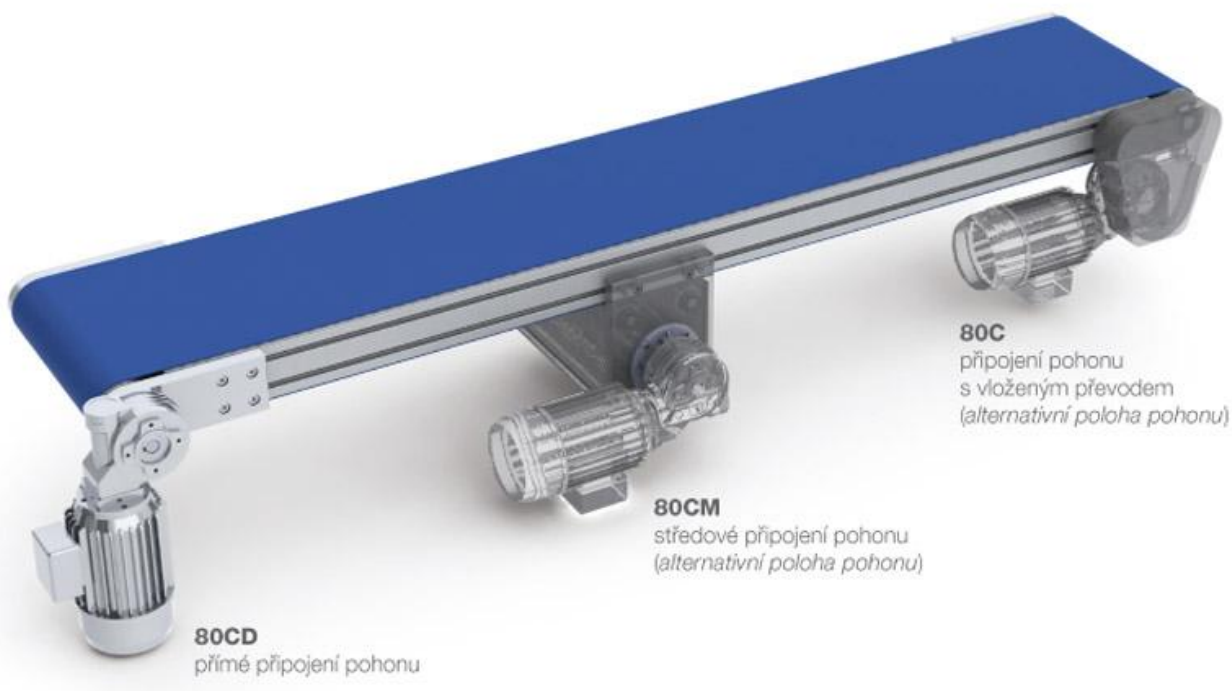
Čas pro připravení jedné zakázky se rovná 25,93 s. V tabulce (tab. 8) jsou uvedeny násobky některých časů. Jsou to časy, které musí být provedeny více než jednou, aby se dosáhlo připravení celé objednávky. Dle vypočtených průměrných hodnot současného systému (viz kapitola 3.3.1) obsahuje jedna objednávka 6 položek, o které se musí podělit dvě kontrolní váhy. Jedna položka má průměrnou hmotnost 6,68 kg, maximální nosnost přepravky je však 15 kg. Z tohoto důvodu můžou být do přepravky umístěny jen dvě položky. Na jednoho pracovníka u kontrolních vah budou připadat 4 položky, které musí umístit do 2 přepravek. Celková délka pásového dopravníku činí 9 m. V porovnání se současným stavem, kde čas přichystání objednávky odpovídá 128,06 s je tento čas kratší o 80 %.



Obr. 9 Kontrolní váha XE40 [12]



Obr. 8 Gravitační válečkový dopravník [13]



Obr. 10 Pásový dopravník s možností volitelného připojení pohonu [14]

6 Výběr a rozpracování nejvhodnějšího řešení

6.1 Výběr varianty

V předchozí kapitole jsem navrhla tři možná řešení zadaného problému. Nyní porovnám tato řešení a vyberu z nich pro expedici potravinářského průmyslu takové, které bude nejvýkonnější a také nejefektivnější. Pro porovnání uvedu u každé varianty její výhody a nevýhody a na základě tohoto porovnání vyberu nejvhodnější variantu.

Rozdělení úseku přípravy zakázek

Podstata varianty spočívá v rozdělení části systému, kde probíhá samotná příprava zakázek. Čas pro přípravu jedné zakázky činí 38,09 s.

➤ Výhody

Pracovníci nepřerušeně pracují na přípravě zakázek. Nemusí čekat, až ostatní pracovníci přichystají vše z jedné zakázky aby mohli začít pracovat na následující zakázce. Pokud v zakázce není žádná položka ze sortimentu pracovníka, pokračuje přichystáváním následující zakázky, která obsahuje položky z jeho zásobníku sortimentu.

Přidání vah umožňuje zvýšit produktivitu v přichystávání zakázek. Množství požadavků zakázky se rozdělí mezi větší počet vah s pracovníky a umožní tak urychlit jejich přichystávání.

Prisunutím zásobníků sortimentu blíže k vahám pracovníků jsem eliminovala potřebu otáčení pracovníků pro výrobky.

➤ Nevýhody

V systému stále vzniká problém s přesouváním přichystaných přepravek přes jednotlivé váhy, který celý proces přípravy zakázek prodlužuje. Počet přepravek, které musí být přesunuty přes váhy jsem oproti současnému stavu alespoň snížila.

Kooperace pracovníků

Varianta je zaměřena především na úsek, ve kterém se pracovníci musí otáčet pro výrobky k zásobníku sortimentu. Pro minimalizaci času ztraceného otáčením jsem přiřadila ke každé váze dva spolupracující pracovníky. Čas pro přípravu jedné zakázky činí 38,15 s.

➤ Výhody

Při spolupráci dvou pracovníků je umožněno neustálé vážení položek bez prodlev. V průběhu vážení položky jednoho pracovníka si druhý pracovník přichystá svou položku a vloží ji na váhu bezprostředně po skončení vážení položky prvního pracovníka. Při vážení nevznikají žádné časové ztráty.

➤ Nevýhody

Problém může vznikat při synchronizaci kooperujících pracovníků. K dispozici mají jen malý prostor, ve kterém se budou oba pohybovat.

Varianta je náročná na pracovní sílu. Obsahuje poměrně málo vah s vysokým počtem pracovníků.

V systému nebylo zamezeno vzniku problému s přesouváním přichystaných přepravek přes jednotlivé váhy, který celý proces přípravy zakázek prodlužuje. Počet přepravek, které musí být přesunuty přes váhy jsem oproti současnému stavu alespoň snížila.

Položkové vážení zakázky

Varianta položkového vážení představuje odebrání přepravek pracovníkům v úseku přípravy. Pracovníci připravují zakázky jednu po druhé. Čas pro přípravu jedné zakázky činí 25,93 s.

➤ Výhody

V procesu přichystávání zakázek pracovníci nemusí manipulovat s přeprávkami a nedochází tak k přesouvání přichystaných přepravek přes jednotlivé váhy.

Při plnění přepravek do maximální nosnosti jich bude ze systému vystupovat méně, proto i práce potřebná pro manipulaci s přeprávkami bude menší.

➤ Nevýhody

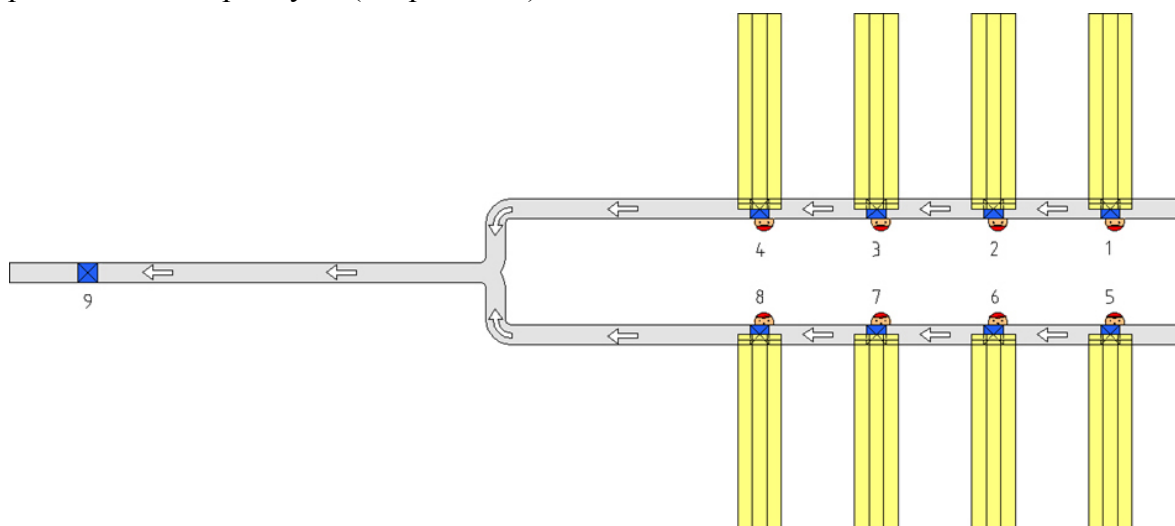
V okamžiku, kdy bude mít pracovník hotovou přípravu zakázky ze svého zásobníku sortimentu, musí čekat, až dokončí přípravu i ostatní pracovníci. Pracovat na další zakázce začnou až od okamžiku, kdy se přemístí poslední přichystaná položka zakázky po gravitačním válečkovém dopravníku ke kontrolním vahám. V případě nedodržení tohoto postupu by došlo ke smíchání dvou zakázek.

Čas přichystání zakázky ve variantě položkového vážení zakázky je nejkratší z navržených variant. Tento systém však bude vykazovat malou produktivitu, jelikož bude docházet ke ztrátě času čekáním na dokončení objednávky.

Ve zbývajících dvou variantách je čas pro přípravu téměř stejný. Oba tyto systémy mohou pracovat nezávisle na přichystávání zakázek. Ve variantě kooperace pracovníků je použito méně vah. Při objednávce obsahující více položek bude nárůst času pro přípravu zakázek vyšší než je tomu u varianty rozdělení úseku přípravy zakázek. V této variantě je použito více vah, mezi které se tyto položky rozdělí a tak budou pracovníci schopni zakázku připravit v kratším čase. Proto volím variantu rozdělení úseku přípravy zakázek.

6.2 Rozpracování nejvhodnějšího řešení

Navrženou a následně zvolenou variantu rozdělení úseku přípravy zakázek (obr. 11) rozpracuji v simulačním programu Witness (viz příloha F). Pro porovnání zvolené varianty se současným stavem rozpracuji v simulačním programu také současný provoz v expedici potravinářského průmyslu (viz příloha E).



Obr. 11 Schéma rozdělení úseku přípravy zakázek

Postup přípravy simulačního modelu v programu Witness

V simulačním programu Witness jsem sestavila model zvolené varianty v těchto krocích:

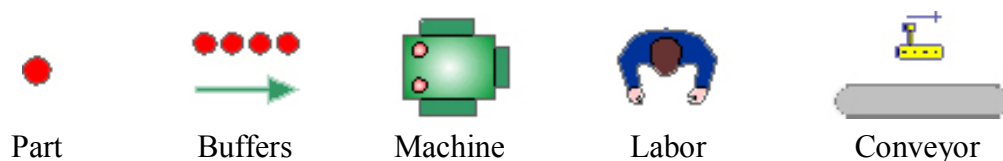
- sestavila jsem schéma vybrané varianty pomocí jednotlivých prvků,
- přiřadila jsem obsluhující pracovníky,
- nadeřinovala jsem délky intervalů zpracování daným prvkům,
- určila jsem materiálový tok,
- spustila jsem chod simulace.

Schéma modelu jsem sestavila z knihovny prvků. Z prvků, které jsou v této knihovně k dispozici (viz obr. 12) jsem použila část (part), která představuje výrobek potravinářského průmyslu a následně také zobrazuje přichystanou přepravku obsahující jednotlivé výrobky. Dále jsem použila prvek zobrazený jako stroj (machine), který zastává pozici zásobníků sortimentu a expedičních vah. Tyto stroje obsluhují pracovníci (labor). Váhy jsou na sebe navázány dopravníkem (conveyor), po kterém se pohybují přichystané přepravky. Všechny přepravky zvážené kontrolní vahou jsou následně zachyceny v zásobníku (buffers).

Prvkům představující stoj jsem nadeřinovala délky intervalů, za který se část v daném stroji zpracuje (např. u vah dobu obsluhy).

Následně jsem určila tok výrobku od jeho odebrání ze zásobníku sortimentu až po jeho vyexpedování (umístění v zásobníku na konci procesu).

V okamžiku, kdy je model takto nastaven, je připraven ke spuštění vlastního simulačního procesu.



Obr. 12 Prvky použité pro vytvoření simulačního modelu

Dosažené výsledky provedených simulací

Záměrem při sestavení modelů je sledování jejich maximální možné výkonnosti z pohledu připravených přepravek s výrobky. Proto jsem v modelu současného stavu i v modelu navržené varianty definovala, že každý z pracovníků u přichystávajících vah odebere a zváží pouze jednu položku, kterou umístí do přepravy a pošle ji systémem směrem ke kontrolní váze. Na konci systému je umístěn zásobník, který zaznamenává množství vyexpedovaných přepravek. Toto množství je ukazatelem výkonnosti pro každou z variant.

Pro porovnání vyprodukovaných přepravek systémem jsem zadala časové omezení simulace rovnající se jedné směně trvající 8 hodin. Výsledky jsou uvedeny v tab. 9.

Tab. 9 Výsledné hodnoty simulace

Model	Počet přepravek
Současný stav expedice	3947 ks
Varianta rozdělení úseku přípravy zakázek	11088 ks

Výpočet navýšení výkonnosti varianty rozdělení úseku přípravy zakázek od současného stavu:

$$\text{navýšení} = \frac{11088}{3947} = \underline{\underline{2,8x}} \quad (6.1)$$

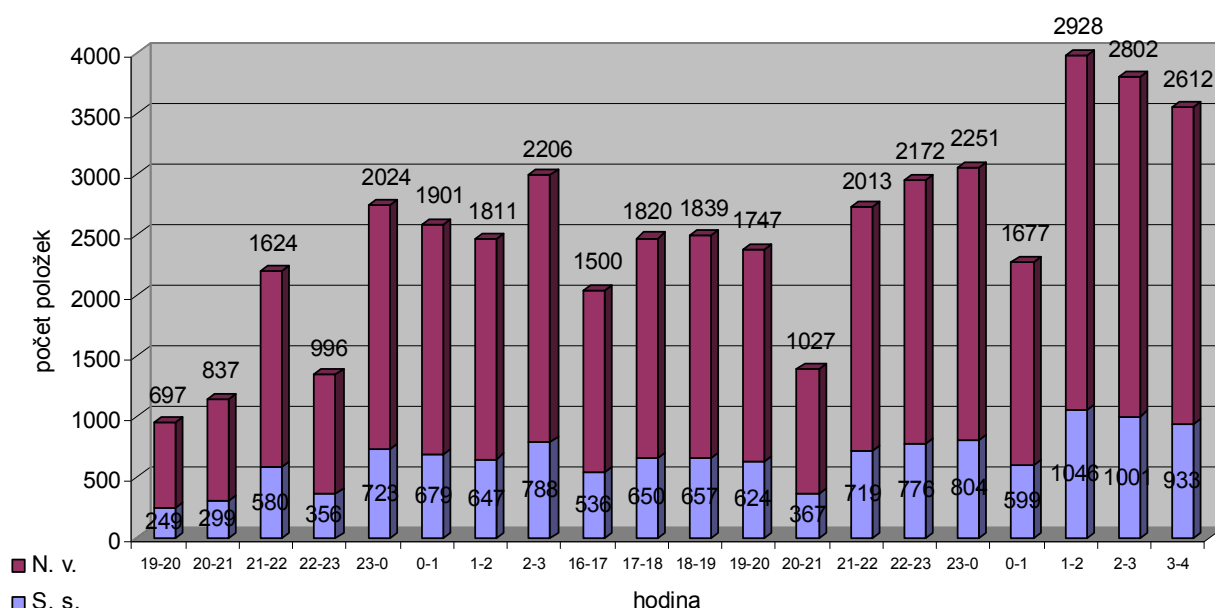
Model zvolené navržené varianty vykazuje téměř 3x vyšší výkonnost než model současného provozu expedičního oddělení.

Výsledné hodnoty simulací neodpovídají skutečným hodnotám systémů, jelikož zakázky jsou tvořeny vždy rozdílným počtem a druhem obsahujících položek. Výsledek je možno aplikovat na reálné hodnoty současného systému expedičního oddělení potravinářského průmyslu. Navržená varianta bude vykazovat cca. 3x vyšší produkci přichystaných zakázek.

7 Zhodnocení navrženého řešení

Použitím navrženého řešení se zvýší schopnost expedice připravit a vyexpedovat téměř trojnásobek současné hodnoty stávajícího systému. Aby bylo této hodnoty dosaženo, je potřeba přijmout dalšího pracovníka. V současné expedici pracuje 7 pracovníků, v navrženém řešení je zapotřebí pracovníků 8. Náklady na provoz tedy vzrostou o jednu mzdu. Následující grafy představují porovnání kapacity současného stavu (S. s.) s navrženou variantou (N. v.).

V grafu (viz graf 6) je znázorněno množství položek, které pracovníci u vah odeberou ze zásobníků sortimentu a zváží na váze za jednotlivou hodinu. Při použití navrženého řešení bude možné zvážit za hodinu až 2928 položek na rozdíl od současného provozu, který umožňuje zvážení jen 1046 položek.

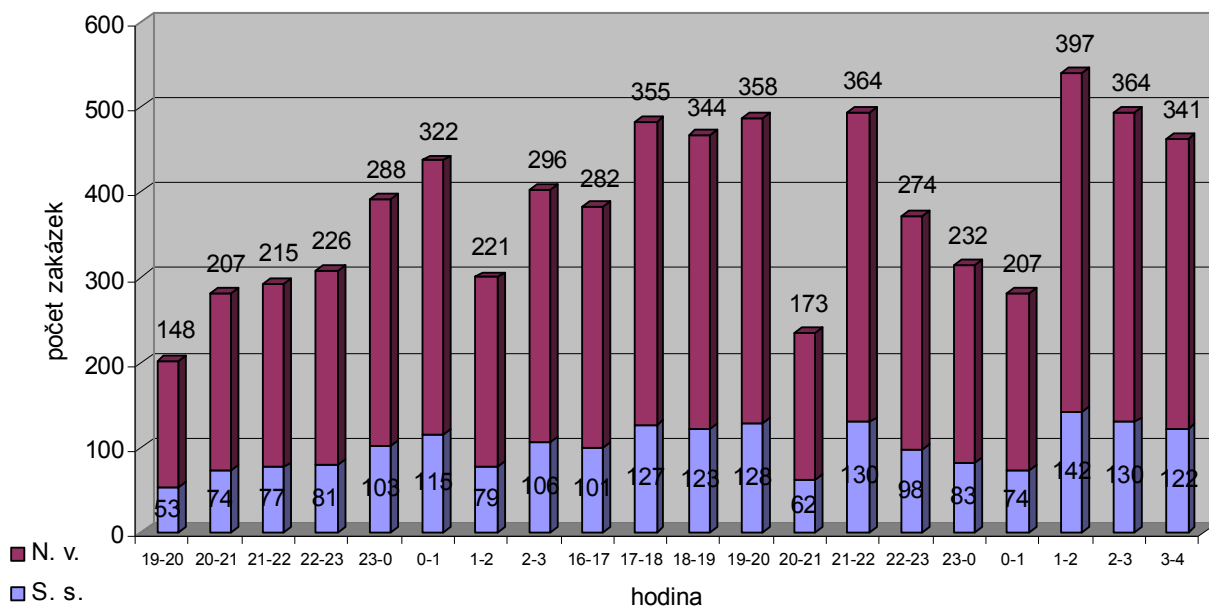


Graf 6 Porovnání množství zvážených položek současného stavu s navrženou variantou

Následující graf 7 představuje množství připravených zakázek obsahující požadované výrobky zákazníků, které byly expedičním oddělením přichystány.

Současný provoz expedice připravil nejvýše 142 zakázek za hodinu. Toto množství představuje také počet zákazníků, kteří na svou objednávku čekají. V případě, že počet zákazníků bude vyšší než je maximální kapacita přípravy zakázek současného řešení, jsou tito zákazníci odmítnuti nebo musí čekat, až se jejich objednávka dostane na řadu. Tito zákazníci, mohou znamenat pro podnik ztrátu, jelikož mohou odejít ke konkurenci a v budoucnu se už nemusí vrátit. Proto by se podnik měl snažit uspokojit co nejvíce zákazníků.

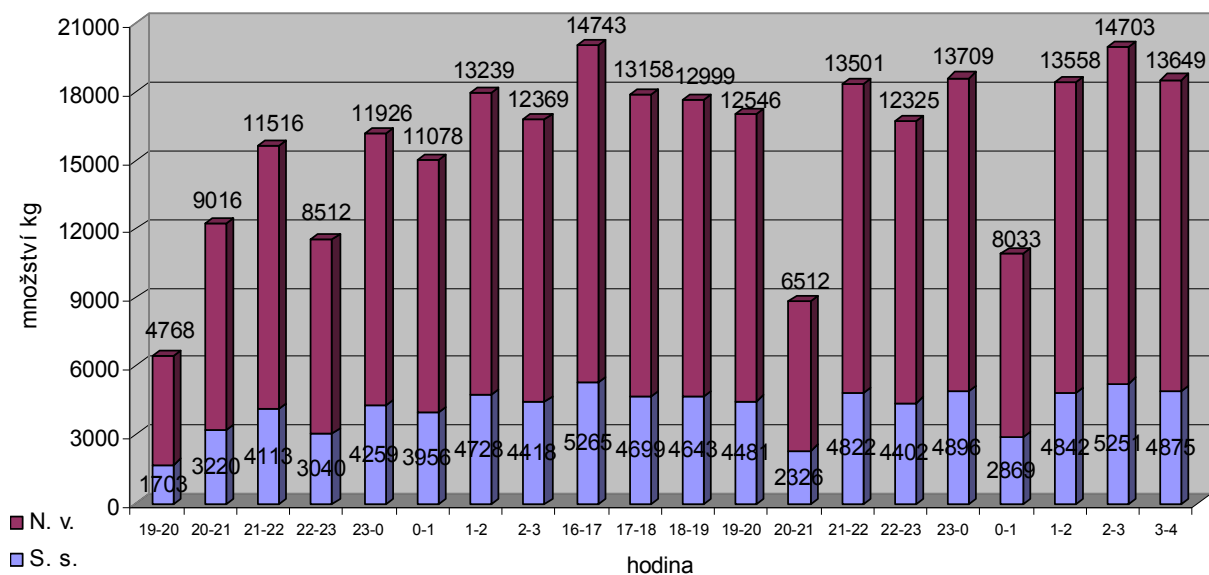
Navržená varianta zvýší počet připravených zakázek až na 397 za hodinu. Výsledkem tohoto řešení tedy je zvýšení počtu obslužených zákazníků až o 255 za hodinu.



Graf 7 Porovnání množství přichystaných zakázek současného stavu s navrženou variantou

Graf 8 zobrazuje množství kg, které bylo odebráno ze zásobníku a následně zváženo pracovníky u přichystávajících vah v expedici za hodinu. Maximální kapacita současného řešení expedice odpovídá 5265 kg za hodinu.

V navrženém řešení je možno přichystat až 14743 kg za hodinu. Pokud by tato výkonnost byla po celou směnu stejná, bylo by možné za 8 hodin přichystat až 117944 kg.



Graf 8 Porovnání množství zvážených kg současného stavu s navrženou variantou

Přehled maximálních hodnot současného stavu a navržené varianty

Pro přehlednost získaných hodnot systémů jsou tyto údaje uvedeny v tab. 10.

Tab. 10 Porovnání hodnot systémů

Srovnávaný ukazatel	Současný stav	Navržená varianta	Rozdíl
Počet položek za hodinu	1046	2928	1882
Počet přichystaných zakázek za hod.	142	397	255
Množství kg zvážené za hodinu	5265	14743	9478

Výpočet doby návratnosti investice

Každého podnikatele zajímá, za jak dlouho se mu vrátí jeho investice vložená do zdokonalení systému podnikových činností. Doba návratnosti je definovaná jako doba, za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice zajistí.

Průměrný zisk na jednu zakázku vypočtený z výše ročního zisku činí 85 Kč. Náklady vynaložené na pořízení potřebného majetku jsou uvedeny v tabulce níže (viz tab. 11). Do nákladů nezapočítávám 6 spádových regálů a hnaný válečkový dopravník, jelikož jsou užívány v současném provozu a můžou být znovu použity i v novém navrženém řešení expedice.

Tab. 11 Potřebný majetek pro realizaci navrženého řešení

Položka	Pořizovací cena	Počet kusů
Expediční váha	15210 Kč	8
Kontrolní váha	40800 Kč	1
Spádový regál	20950 Kč	2
Cena celkem	204380 Kč	

Doba návratnosti investice:

$$\begin{aligned} \text{doba návratnosti} &= \frac{\text{vynaložené náklady}}{\text{peněžní příjem z vylepšení}} = \frac{15210 \cdot 8 + 40800 + 20950 \cdot 2}{255 \cdot 85} = \\ &= \frac{204380}{21675} = 9,4 \text{ hodin} \Rightarrow 9 \text{ hodin } 24 \text{ minut} \end{aligned} \quad (7.1)$$

Doba, za kterou se vrátí peníze vložené do pořízení nového majetku pro realizaci navrženého řešení v případě, že navržené řešení bude již v provozu, odpovídá 9 hodinám a 24 minutám. Expedice však musí vykazovat stále maximální výkonnost v přichystávání zakázek tj. 397 zakázek za hodinu, aby vyexpedovala o 255 zakázek za hodinu více, než v současném provozu expedice. Pokud by expedice pracovala pomaleji, doba návratnosti investice by odpovídala delší době. V případě minimální výkonnosti, obsahující 95 navýšených zakázek od současného provozu, by doba návratnosti investice odpovídala přibližně 25 hodinám.

8 Závěr

V podniku pracujícím v potravinářském průmyslu byla provedena analýza, která měla odhalit, kde se skrývá úzké místo celého systému. Toto úzké místo bylo identifikováno v jeho expedici, ve které docházelo k nízké výkonnosti v přichystávání zakázek. Cílem bylo nalézt řešení umožňující zvýšení kapacity expedice tak, aby množství přichystaných zakázek narostlo alespoň o 20 %.

Z údajů ze dvou odpracovaných směn jsem analyzovala výkonnost současného provozu expedice, vypovídající o množství přichystaných kilogramů, jednotlivých položek a celých zakázek připravených pracovníky u expedičních vah. Maximální množství přichystaných zakázek odpovídalo 142 zakázkám za hodinu. Z analyzovaných ukazatelů výkonnosti systému jsem vypočetla průměrné hodnoty, které jsem později použila pro porovnání navržených variant.

Pro stanovení časů jednotlivých operací probíhajících v současné expedici jsem provedla chronometrážní měření. Výsledkem chronometráže byl celkový čas potřebný pro přichystání jedné zakázky, který se rovnal 128,06 s. Naměřené časy jednotlivých operací jsem dle potřeby použila pro stanovení celkových časů na přichystání jedné zakázky ve třech navržených variantách. Aby bylo porovnávání celkových časů variant efektivní, použila jsem vypočtené průměrné hodnoty jedné zakázky, které jsem aplikovala do každé z variant.

Z navržených variant jsem vybrala takovou, která by při použití v expedici vykazovala nejvyšší výkonnost. Ve variantě s nejkratším časem přípravy zakázky by docházelo ke ztrátě času čekáním na dokončení zakázky, zbývající dvě varianty si byly časově téměř rovny. Vybraná varianta nazvaná rozdělení úseku přípravy zakázek potřebuje čas na přípravu jedné zakázky odpovídající 38,09 s. Její výhodou je pružnější reakce na množství požadavků zakázek.

Vybranou variantu jsem dále rozpracovala v simulačním programu Witness, kde jsem vytvořila její simulační model. Pro porovnání jsem také vytvořila model současného řešení expedice. Model navržené varianty vykazoval 2,8x vyšší výkonnost než model současné varianty. Tento výsledek jsem následně aplikovala na hodnoty současného řešení. Maximální výkon zvolené varianty odpovídá 397 zakázkám za hodinu, tedy o 255 zakázek za hodinu více než u současného řešení expedice, což činí téměř 180 % nárůst.

Doba návratnosti investice je pro svou nízkou cenu vzhledem k zisku vytvořeným za hodinu zanedbatelná. Náklady provozu navrženého řešení se zvýší o jednu mzdu pracovníka. V současnosti pracuje v expedici 7 pracovníků, v navrženém řešení je potřeba 8 pracovníků.

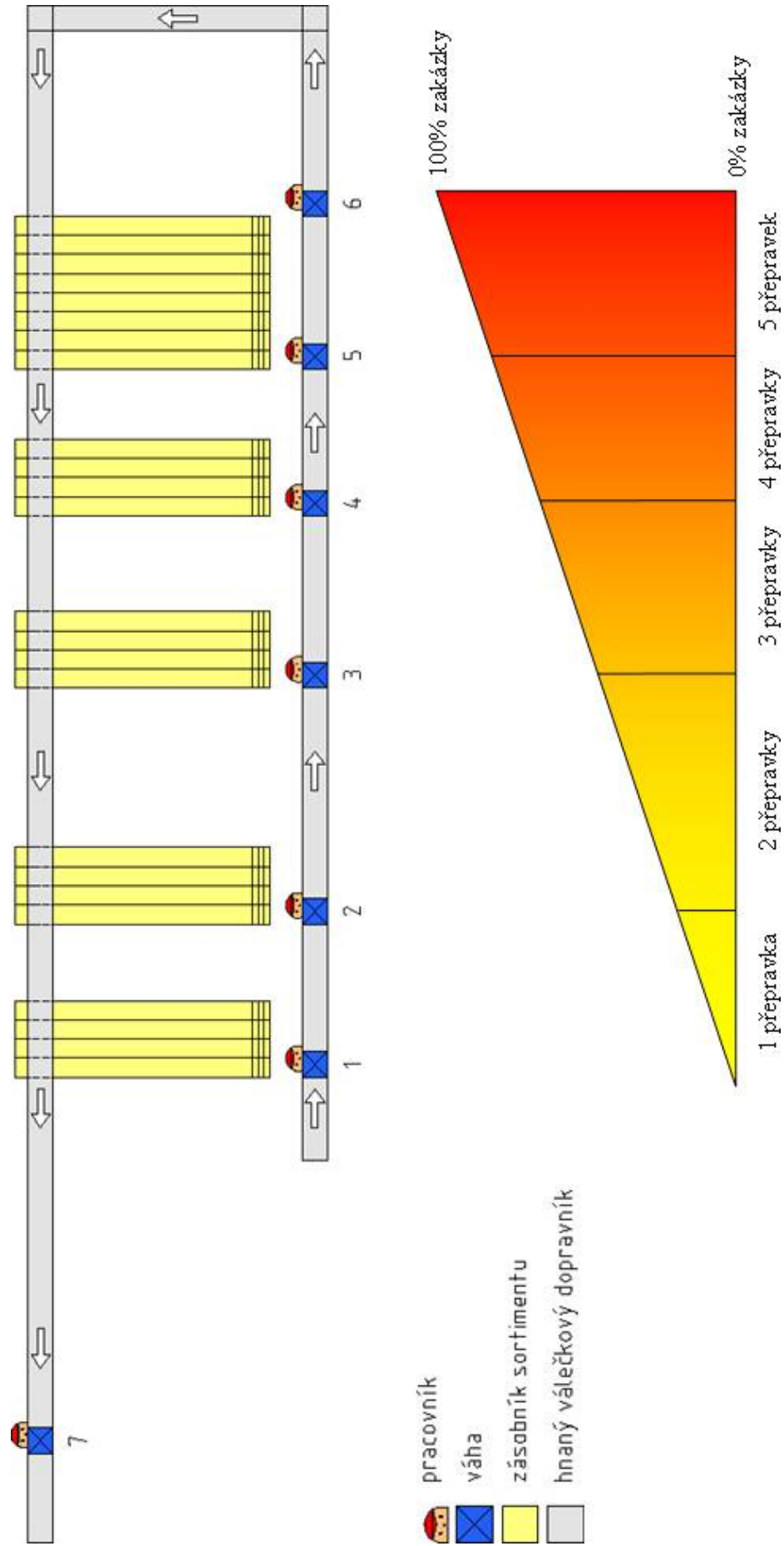
9 Seznam použité literatury

- [1] BASL, J., MAJER, P., ŠMÍRA, M. *Teorie omezení v podnikové praxi. Zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003. 216 s. ISBN 80-247-0613-X.
- [2] BAZALA, J. a kol. *Logistika v praxi. Praktická příručka manažera logistiky*. 1. vyd. Praha: Verlag Dashöfer, 2003. 2285 s. ISBN 80-86229-71-8.
- [3] ZELENKA, A., Král, M. *Projektování výrobních systémů*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2.
- [4] LÍBAL, V. a kol. *Organizace a řízení výroby*. 7. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. 559 s. ISBN 80-03-00050-5
- [5] MUTHER, R., HAGANÄS, K. *Systematické navrhování manipulace s materiálem*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1973. 129 s.
- [6] *Goldratt* [online]. Dostupné z: <<http://www.goldratt.cz/teorie-omezeni-toc/o-teorii-omezeni.html>> [cit. 2010-10-2].
- [7] *MPM system* [online]. Dostupné z: <<http://www.mpmsystem.cz/kategorie.asp?idk=131>> [cit. 2010-10-2].
- [8] *Mecalux* [online]. Dostupné z: <<http://www.logismarket.cz/tba-plastove-obaly/prepravky-na-ovoce-a-zeleninu/1198503827-1005951043-p.html>> [cit. 2010-5-5].
- [9] *Verboonen* [online]. Dostupné z: <<http://www.verboonen.be/catalog/images/Defender%203000.jpg>> [cit. 2010-5-5].
- [10] *Balící potřeby* [online]. Dostupné z: <http://www.balicipotreby.cz/shops/358/images-goods/rohovy_dopravnik.jpg> [cit. 2010-5-5].
- [11] *Humusoft* [online]. Dostupné z: <<http://www.humusoft.com/archived/pub/witness/9910/manlig>> [cit. 2010-5-5].
- [12] *Mettler Toledo* [online]. Dostupné z: <<http://cs.mt.com/etc/medialib/GARVENS/products.Par.37709.Image.jpg>> [cit. 2010-5-5].
- [13] *Trade India* [online]. Dostupné z: <<http://product-image.tradeindia.com/00277034/b/0/Roller-Conveyor.jpg>> [cit. 2010-5-5].
- [14] *Haberkorn Ulmer* [online]. Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/files/image/dopravnikove-systemy/pasove-dopravniky/pasovy-dopravnik-80cd-cm-c.jpg>> [cit. 2010-5-5].

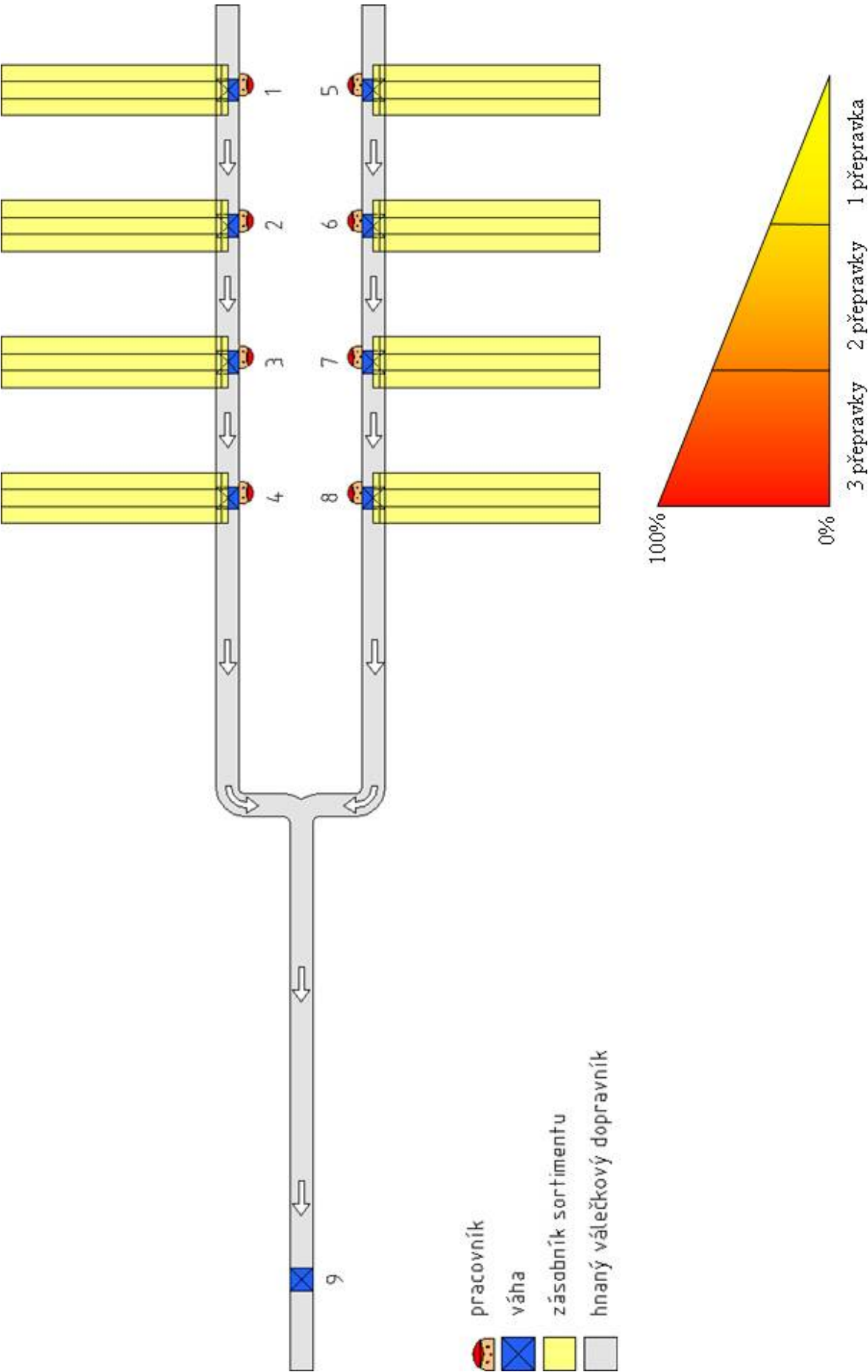
10 Seznam příloh

Příloha A	Schéma současného stavu
Příloha B	Schéma rozdělení úseku přípravy zakázek
Příloha C	Schéma kooperace pracovníků
Příloha D	Položkové vážení zakázky
Příloha E	Model současného stavu v programu Witness
Příloha F	Model rozdělení úseku přípravy zakázek v programu Witness

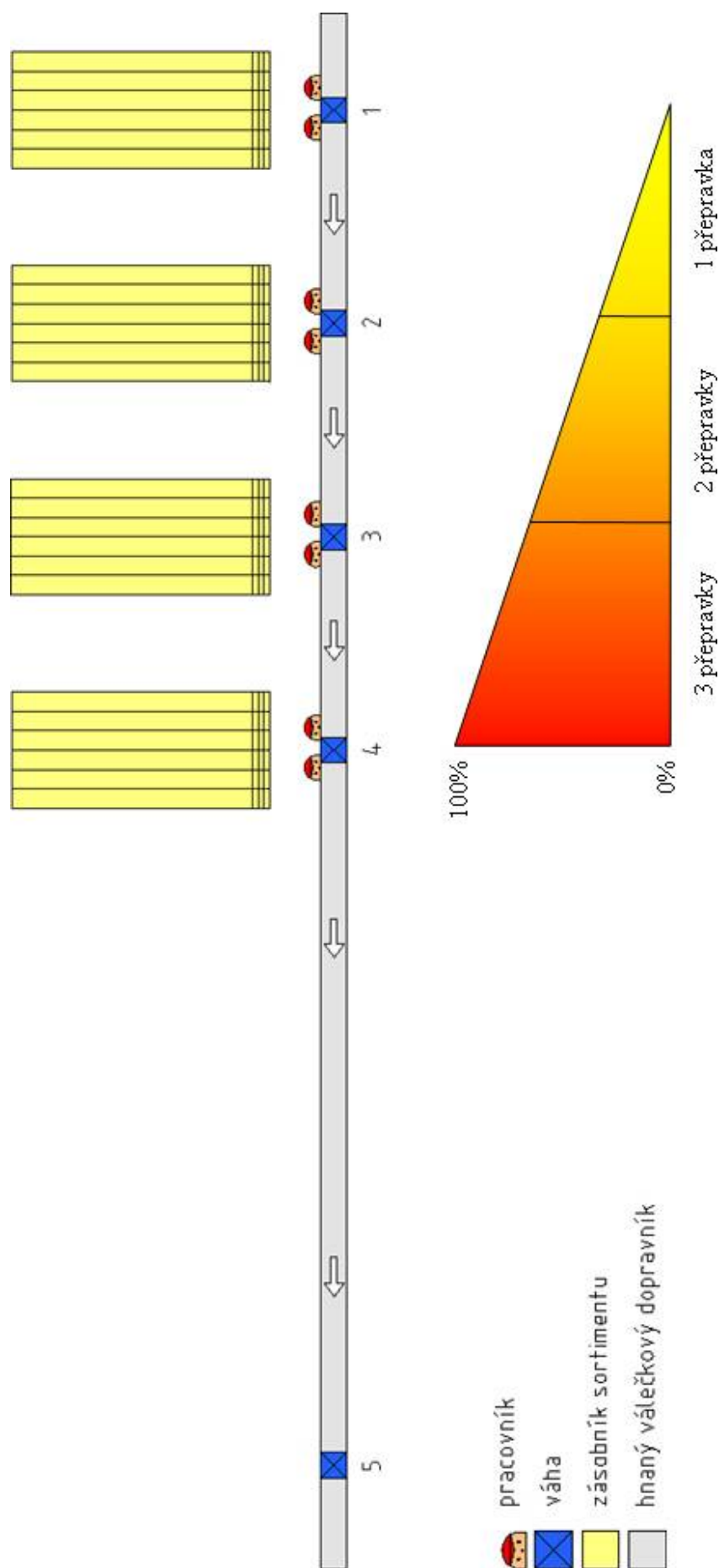
Příloha A - Schéma současného stavu



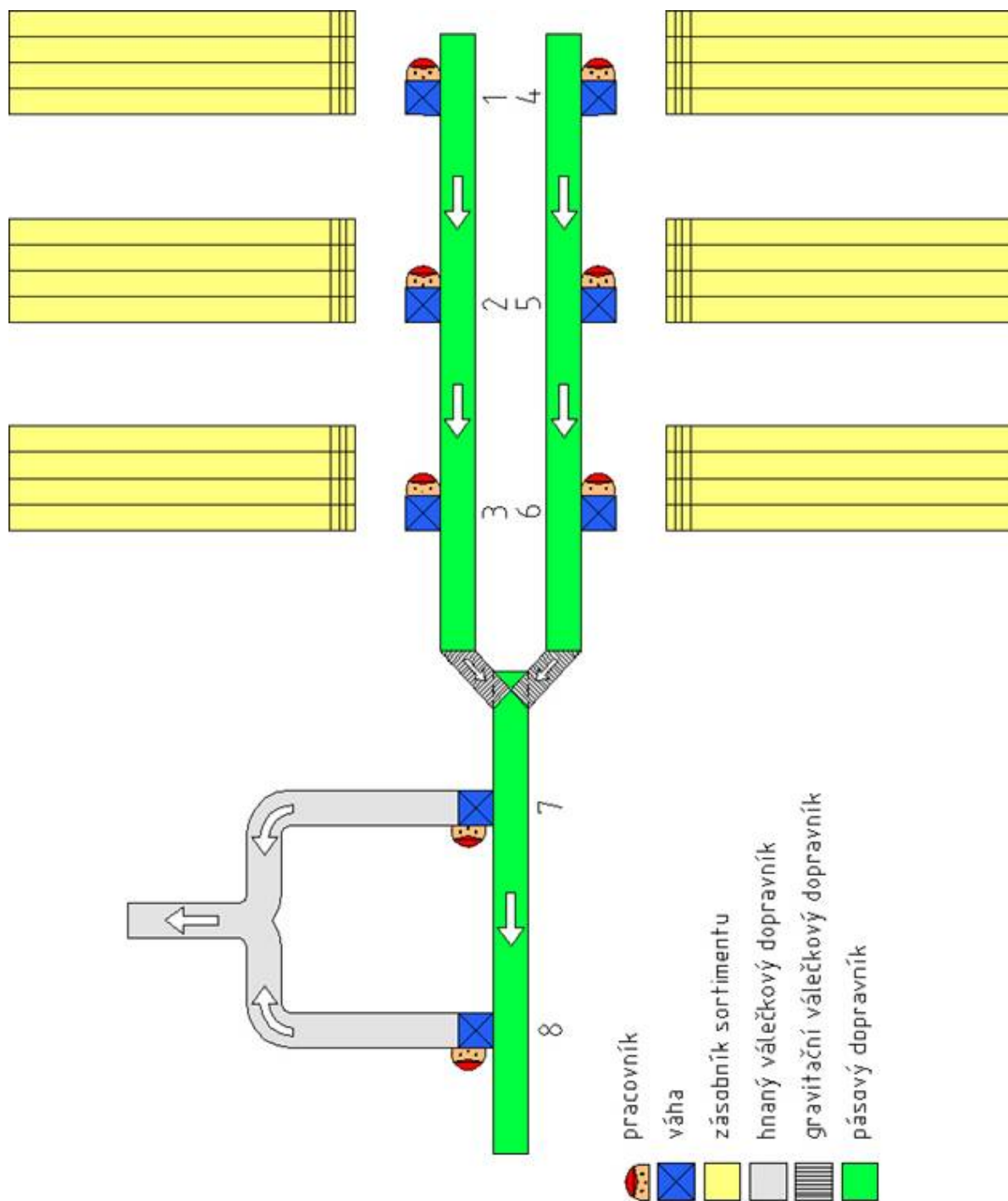
Příloha B - Schéma rozdělení úseku přípravy zakázek



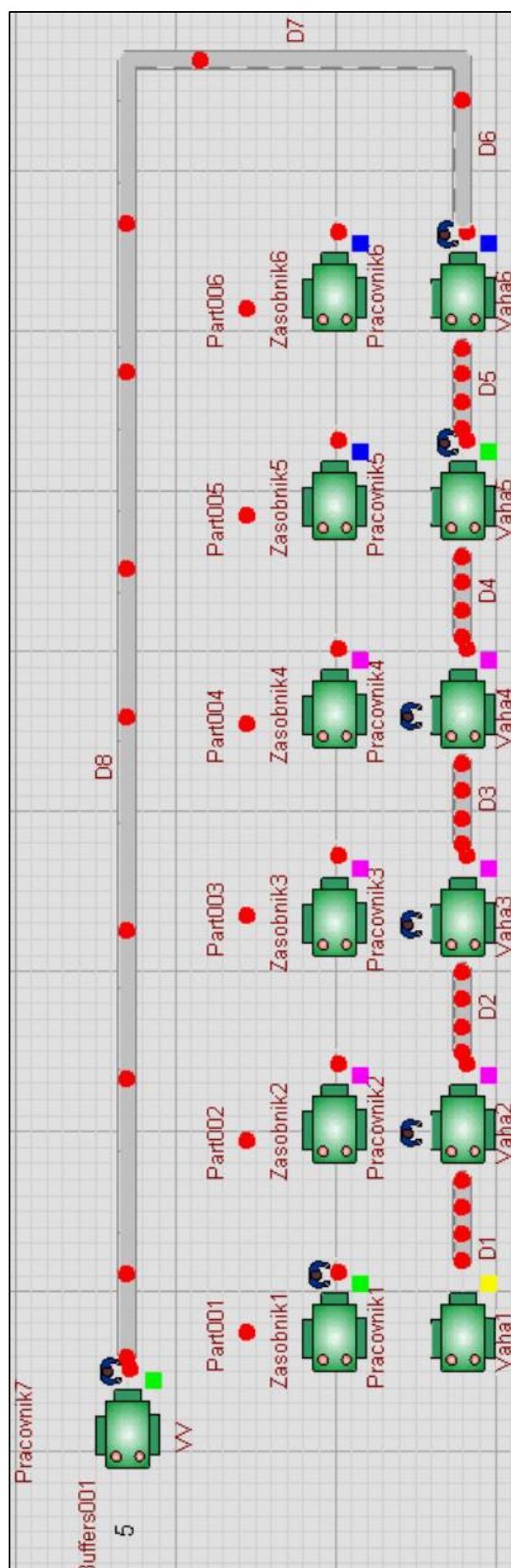
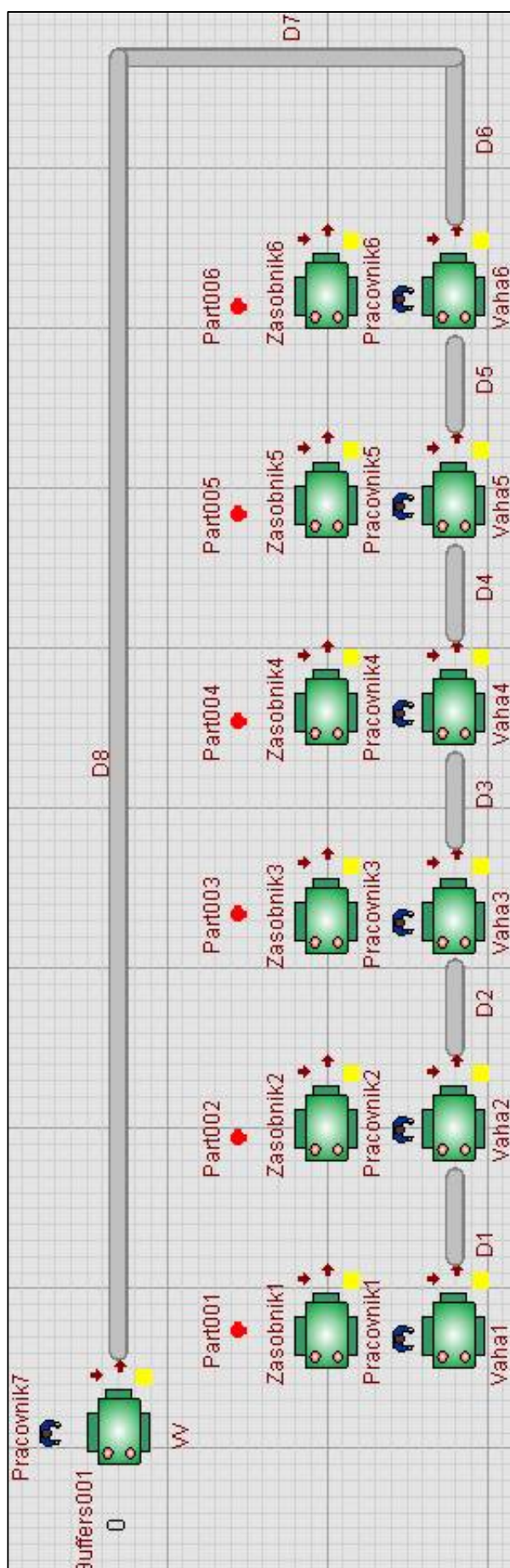
Příloha C - Schéma kooperace pracovníků



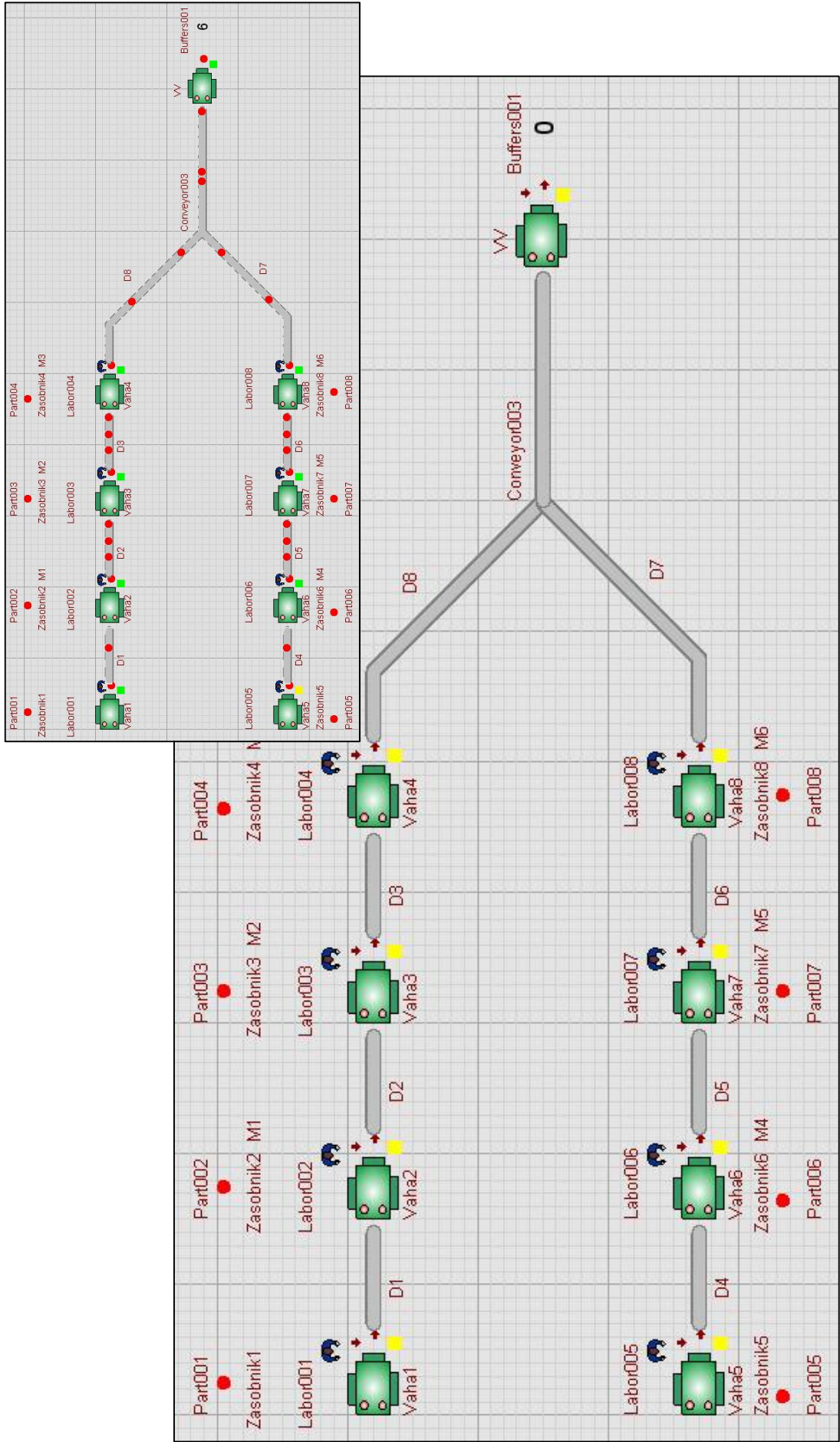
Příloha D - Položkové vážení zakázky



Příloha E - Model současného stavu v programu Witness



Příloha F - Model rozdělení úseku přípravy zakázek v programu Witness



Poděkování

Na samotný závěr této práce by jsem ráda poděkovala Ing. Vladimíře Schindlerové za vedení, podporu a cenné připomínky při tvorbě bakalářské práce. Rovněž děkuji panu Ing. Petru Jalůvkovi za odborné rady, čas a veškerou pomoc při řešení zadaného problému.